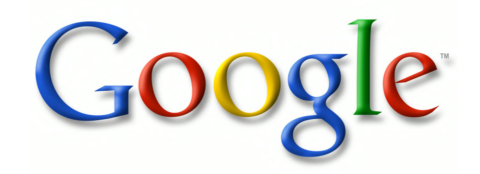
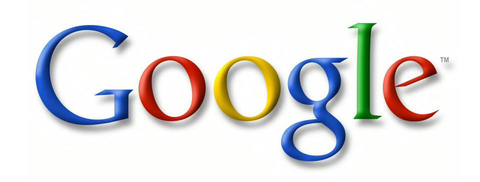
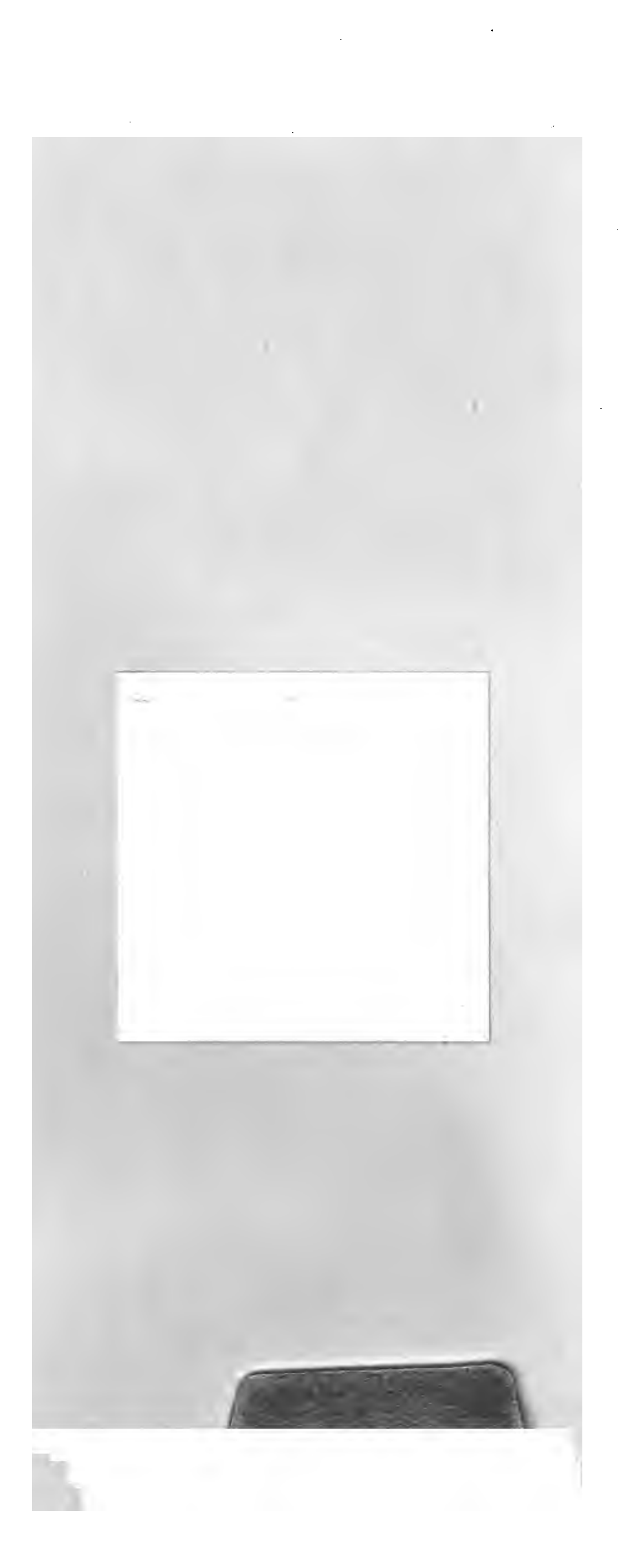



Google

Ritter, E.A.

Les massifs de Beaufort et du Grand-Mont. Étude sur la prolongation vers le sud de la chaine des Aiguilles-Rouges et du Prarion.





LES

MASSIFS DE BEAUFORT

ET DU GRAND-MONT

ÉTUDE SUR LA PROLONGATION VERS LE SUD

DE LA

CHAINE DES AIGUILLES-ROUGES ET DU PRARION

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

ÉTIENNE RITTER

GENÈVE
IMPRIMERIE F. TAPONNIER
Route de Carouge, 19

1894

LES

MASSIFS DE BEAUFORT

ET DU GRAND-MONT

ÉTUDE SUR LA PROLONGATION VERS LE SUD

DE LA

CHAINE DES AIGUILLES-ROUGES ET DU PRARION

THÈSE

PRÉSENTÉE A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE
POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR

ÉTIENNE RITTER

GENÈVE
IMPRIMERIE F. TAPONNIER
Route de Carouge, 19

1894

A Monsieur Louis Duparc

PROFESSEUR DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE
A L'UNIVERSITÉ DE GENÈVE

Hommage d'estime et de reconnaissance

La Faculté des Sciences autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qu'elle renferme.

Le Doyen de la Faculté :

G. OLTRAMARE.

Genève, le 17 Mars 1894.

PRÉFACE

La géologie des Alpes est connue assez parfaitement et depuis longtemps dans ses grandes lignes, dans les parties qui ne sont pas constituées par les terrains anciens.

Il n'en est pas de même des régions cristallines, dont l'étude n'a pu être abordée d'une manière sérieuse que depuis que les études pétrographiques, se basant sur l'emploi du microscope polarisant, ont permis de pénétrer la structure intime de ces roches pour l'étude desquelles tout moyen de diagnostic manquait auparavant, puisqu'on n'y trouve pas de fossiles.

C'est donc tout récemment que les géologues se sont mis à étudier le détail des zones cristallines du Mont-Rose et du Mont-Blanc.

Une des parties les moins connues et des plus intéressante de la première zone alpine est celle que nous nous proposons d'étudier.

Son prolongement au nord a fait l'objet de deux notes de M. Michel Lévy qui ont été pour nous un guide précieux.

TRAVAUX ANTÉRIEURS

Des nombreux ouvrages dont on trouvera la liste à la fin de ce travail, quatre seulement ont eu un ou plusieurs chapitres consacrés d'une manière spéciale à la région de Beaufort et de Cevins avant que nous n'en commencions l'étude.

Le premier de ces ouvrages parut en 1855; il est dû à M. Gabriel de Mortillet et traite de la géologie et minéralogie de la Savoie; on y trouve des observations intéressantes. Pour l'auteur, le massif de Beaufort consiste en talcschistes, passant à des micaschistes et des gneiss, parfois à des protogines, occupant le centre des massifs; la troisième partie de l'ouvrage contient une liste très intéressante des minéraux utiles qu'on trouve dans chaque localité.

Onze ans plus tard, Alph. Favre publiait son grand ouvrage intitulé : *Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc*. Un chapitre y est consacré à la région de Mégève-Hauteluce, un autre au massif du Grand-Mont. Je les résumerai au fur et à mesure que cette étude m'amènera à parler des régions que ce savant a décrites, souvent avec un rare mérite.

C'est seize ans plus tard, en 1882, que les sociétés savantes de Savoie tenaient leur Congrès à Albertville; à ce propos, deux savants dont le nom est bien connu

de tous ceux qui se sont occupés de la géologie des Alpes françaises, MM. Pillet et Révil ont publié deux courtes notices sur la contrée. M. Pillet s'est occupé plus spécialement des roches anciennes, M. Révil des terrains sédimentaires, ce dernier, tout en nous faisant faisant faire une série de courses d'Albertville par Beaufort à Roselend, Hauteluce, Arêches et au col de la Bâthie.

Enfin, tout dernièrement, M. le professeur Duparc et moi avons publié deux notes, l'une sur les roches éruptives de Beaufort et Cevins, l'autre sur le houiller et le trias dans la première zone alpine; nous y puiserons d'abondants renseignements.

Comme on a pu s'en convaincre par le rapide exposé que je viens de faire des travaux antérieurs, les données qu'on possède sur les massifs situés au nord de la grande coupure de l'Isère sont loin d'être complètes; aussi nous a-t-il paru qu'une étude détaillée et complète et surtout une étude pétrographique des roches cristallophylliennes et éruptives de cette région pouvait offrir un certain intérêt. Le présent travail est le résultat d'une série de courses effectuées dans le courant des étés 1892 et 1893 et des analyses chimiques et microscopiques faites durant ces deux hivers au laboratoire de minéralogie à Genève; je tiens à remercier bien vivement ici M. le professeur Duparc, directeur de ce laboratoire, pour les utiles conseils qu'il m'a donnés et pour la bienveillance qu'il m'a toujours témoignée.

DIVISION DU TRAVAIL

Nous avons divisé le travail en quatre parties que précède une courte notice sur la position géologique et topographique de la contrée que nous étudions.

Dans la première partie, nous décrirons les roches éruptives, la manière dont elles ont percé les schistes encaissants.

La seconde partie est consacrée à l'étude des roches cristallophylliennes et des terrains sédimentaires représentés par les trois étages du houiller du trias et du lias.

La troisième traite des divers plis qui ont affecté les roches critallophylliennes et sédimentaires ; un paragraphe spécial sera réservé à l'hydrographie, c'est-à-dire au modelé actuel.

Enfin, dans la quatrième partie, nous nous résumerons et nous tirerons les conclusions naturelles qui se dégagent de cette étude.

INTRODUCTION

Le massif de Beaufort est situé entre les 4me et 5me degrés de longitude E de Paris et les 45me et 46me degrés de latitude N [1].

Il appartient à la grande zone concentrique du Mont-Blanc; cette zone cristalline externe, contrairement à celle du Mont-Rose, ne forme pas une ceinture continue, mais une série de massifs qui se font suite les uns aux autres; ce sont : le grand massif des Alpes bernoises, celui du Mont-Blanc, ceux de Belledonne, des Rousses et du Pelvoux.

Cette zone peut se subdiviser en deux autres secondaires. La plus importante, interne, essentiellement constituée par des massifs de protogine, présente une structure en éventail ; on peut la suivre du Gothard au Pelvoux. La seconde, externe et concentrique, qui fut peut-être jadis la ligne de faîte, n'atteint actuellement que des altitudes moyennes ; elle est formée par une série d'îlots cristallins, au milieu desquels le granit perce sous forme de boutonnières; on peut la suivre de Gasteren par Valorcine jusqu'à Beaufort.

1 Voir : Carte française d'état-major au 1|80,000^e, feuille n° 169 *bis*, Albertville ; carte de la frontière des Alpes 1|80,000^e, feuilles Albertville, Beaufort, Moûtiers; carte vicinale dressée par ordre du ministre de l'intérieur 1|100,000^e, feuilles XXV-XXVI Albertville; carte d'état-major sarde 1|50.000^e, n° 28, Albertville ; carte géologique d'Alphonse Favre, les parties de la Suisse, de la Savoie et du Piémont, voisines du Mont-Blanc; carte géologique du département de la Savoie, par Ch. Lory, L. Pillet et l'abbé P. Vallet.

C'est à cette seconde zone qu'appartient le massif que nous étudions aujourd'hui. Au N-W, l'on rencontre la zone des Hautes-Alpes calcaires qui se continue sans interruption du Dauphiné jusqu'à l'extrémité orientale de la Suisse.

C'est elle qui, entre Cluses et Albertville, forme la chaîne des Aravis, aux sommets élancés ; elle y atteint une altitude moyenne de 2500^m et s'élève même à 2752^m à Pointe-Percée.

La zone du Briançonnais borde notre région au sud-est ; cette zone part du golfe de Gênes pour se terminer dans les Grisons à l'ouest de Coire. Extrêmement bouleversée et caractérisée par le développement considérable des schistes lustrés calcarco-talcqueux, elle forme une bande de terrains sédimentaires, de largeur très inégale, qui sépare la zone du Mont-Rose de celle du Mont-Blanc.

Au sud du vallon de Roselend, elle forme les sommets déchiquetés de l'Aiguille du Grand-Fond, cotée 2889^m, et du Roignais, qui dépasse 3000^m ; ceux-ci recouvrent de leur manteau sédimentaire la suite du pli gigantesque du Mont-Blanc, dont on ne trouve déjà plus de traces ici. Le Mont-Blanc se termine très vraisemblablement à l'Aiguille de Roselette qui domine le col Joly.

Au pied de l'Aiguille de Roselette, s'étend le clapier de la Grande-Pierrière, immense éboulis désolé, long de presque deux kilomètres sur près d'un de large, dont les énormes blocs cubent parfois plusieurs dizaines de mètres.

Toute la région qui nous occupe a du reste un aspect d'aride sauvagerie qui n'est pas tempéré, comme dans

les régions plus élevées, par la blancheur des champs de neige et des glaciers.

Les vallées d'Hauteluce et de la Dray sont seules habitées toute l'année, et, en hiver, les loups, encore fréquents dans cette région, peuplent seuls même le charmant hameau de Roselend; les chamois abondent dans le massif du Grand-Mont, et c'est une des dernières contrées où les chasseurs trouvent encore de temps en temps un ours à abattre.

Deux chaînes principales, qui correspondent aux deux anticlinaux les plus importants, se suivent parallèlement, du col Joly à l'Isère. La première, celle des Enclaves, naît au sud du plateau de la Grande-Pierrière et domine les deux vallées, aux terrains mézozoïques, de la Gitte et du Célestet.

Cette première crête, dénudée, s'élève à près de 2500m; au sud du torrent de la Gitte, elle s'abaisse considérablement pour former la montagne de Méraillet et disparaître même complètement sous le lias de Roche-Parstire. Elle s'élève de nouveau plus au sud, au Grand-Rognoux, et atteint son altitude maximum 2693m au Grand-Mont; de là on peut la suivre par la Pointe de Chamborcier jusqu'au signal de Sécheron, où elle n'a déjà plus que 2117m, puis elle s'abaisse brusquement pour former la vallée au fond de laquelle coule l'Isère, entre 380 et 400m d'altitude.

La seconde chaîne, celle d'Outray, présente une arête presque inaccessible s'élevant à une altitude légèrement inférieure à celle des Enclaves; son flanc tourné vers la vallée d'Hauteluce est couvert de forêts et il en est de même du mont Bersend; ce fait rend l'étude géologique de la région assez pénible.

Au sud, cet anticlinal, au point de vue topographique, ne forme plus qu'un contrefort du massif du Grand-Mont.

L'ossature des deux chaînes que je viens de décrire est formée par des schistes cristallins souvent altérés fortement par l'injection des roches granitiques voisines ; dans les vallées, on trouve les terrains plus récents du houiller, du trias et du lias, qui y constituent le cœur des synclinaux.

PREMIÈRE PARTIE

ROCHES ÉRUPTIVES

Les diverses roches éruptives que nous avons rencontrées appartiennent toutes à la série acide ancienne; ce sont : des granits qui se montrent dans les environs de Beaufort, des protogines qui forment un culôt un peu au-dessus de Cevins, des microgranulites qu'on voit affleurer près du sommet du Grand-Mont.

Granits

Le granit se montre dans quatre pointements principaux : à Outray, au Bersend, à Beaubois et à Saint-Guérin; à la vérité, dans ces deux derniers endroits, ce sont plutôt des bancs complètement granitisés que des granits francs qui affleurent. Mais comme l'on ne peut plus reconnaître trace du schiste primitif dans les coupes minces, nous avons préféré étudier ces roches en même temps que les vrais granits.

Les granits de ces différents pointements sont en général de couleur claire et à grain moyen. Exceptionnellement, les feldspaths y sont légèrement rosés ; ils ressemblent beaucoup aux granits de Valorcine ; souvent la roche devient porphyroïde et montre de gros cristaux de feldspath qui peuvent atteindre jusqu'à 3 et 4 centimètres de longueur ; le mica noir y est distribué d'une manière très régulière.

Sous le microscope, ce granit montre une biotite polychroïque avec inclusions d'apatite et de zircon, quelques grains de sphène, de nombreux cristaux d'oligoclase et d'orthose, du quartz abondant, granitique, quelquefois même granulitique.

Comme produits secondaires, on trouve la chlorite qui épigénise généralement la biotite, la damourite, la magnétite et la calcite. La formule de ces granits est :

$$\Gamma\ x\ \overline{(F_{1.5.6.7.})\ Mt.\ a_1}\ \underline{a'_1 q}$$

Au point de vue chimique, leur composition moyenne est la suivante :

SiO_2	= 64,81
Al_2O_3	= 17,98
FeO	= 3,05
CeO	= 2,25
MgO	= 1,62
Na_2O	= 5,70
K_2O	= 2,98
perte au feu	= 1,60
	99,99

En outre, traces de manganèse, de chrôme et d'acide phosphorique.

Le détail de la structure de ces granits montre qu'ils ont subi des phénomènes intenses de compression; les quartz y sont souvent à extinctions roulantes, frangés sur les bords d'esquilles anguleuses; les plagioclases sont tronçonnés, les fragments déplacés de leur position primitive, puis ressoudés par du quartz secondaire; la séricite est abondante.

Pointement d'Outray

Le pointement le plus considérable est celui d'Outray; il forme une ellipse peu régulière, longue de cinq à six kilomètres sur un de largeur.

Le granit y a profondément injecté les schistes cristallins encaissants; ceux-ci ont été recouverts en beaucoup d'endroits par le houiller, qui masque ainsi les contours de l'ellipse d'injection.

On peut étudier le granit dans le haut du pâturage d'Outray, sur le flanc sud de l'arête de ce nom; l'érosion a enlevé la couverture de houiller et de schistes cristallins, et l'on trouve, au pied du dernier escarpement d'accès difficile, de nombreux blocs éboulés de granit.

Le granit affleure également sur le sentier à mulet qui conduit des Curtillets aux chalets d'Outray, un peu avant d'arriver au sommet du col; au sommet même, on a les schistes cristallins qui semblent très peu injectés; si de ce point on monte sur l'arête d'Outray, dont la crête s'étend au nord-est, on rencontre vite le

houiller représenté par des schistes noirs très grèseux et criblés de paillettes miroitantes de muscovite.

Des couloirs très rapides descendent du bord sud du col sur le village de Ville-Dessus et sont remplis de blocs de granit éboulés. On retrouve le granit dans le sentier qui conduit du Cernix au village de Ville-Dessus, et à cette localité même ; mais le meilleur endroit pour l'étudier et le plus facile d'accès consiste à suivre la coupure du Doron entre Beaufort et le Fontanu.

On a, en plusieurs endroits, taillé dans le roc vif le chemin de grande communication qui se poursuit actuellement jusqu'à Roselend, et sur le bord de la route l'on peut suivre tous les passages entre le schiste franc et le granit typique.

On peut retrouver le bord sud du culot éruptif en montant de La Chappe au village du Bersend.

Nos études sous le microscope et nos analyses chimiques ont porté sur une série d'échantillons pris à tous les points du dyke granitique, de façon à avoir une idée exacte de sa manière d'être générale. Souvent les granits sont disposés en bancs. Sur les joints de ces derniers, ils sont chargés de séricite verdâtre et se délitent beaucoup plus facilement.

I. *Granit provenant de l'extrémité nord-est du pointement, un peu en dessous du col d'Outray, coté 2000^{m} (en place).*

La roche est à grain moyen, riche en biotite hexagonale avec développement porphyroïde de quelques grands cristaux d'orthose.

Au microscope. — Biotite peu chloritisée, avec polychroïsme intense, *ng* brun foncé, *nm* brun, *np* brun

très pâle ; sphène en petites plages, oligoclase abondant, saturé de séricite ; orthose plus rare, kaolinisé; quartz granitoïde abondant.

La roche accuse des phénomènes dynamiques intenses. Les quartz sont frangés d'esquilles et à extinctions roulantes.

Analyse

SiO_2	=	65,65
Al_2O_3	=	19,42
FeO	=	2,10
MnO	=	traces
CaO	=	2,15
MgO	=	1,55
K_2O	=	3,28
Na_2O	=	6,30
perte au feu	=	0,70
		101,15

II. *Granit pris en haut du pâturage d'Outray, au pied du point coté 2332*^{m}.

Biotite en partie chloritisée, avec inclusions d'apatite et de zircon, à peine de magnétite. Un ou deux cristaux de rutile dans les grandes plages de quartz.

Orthose, en grandes plages, rarement maclé. Oligoclase à fines macles, surchargé de séricite. Quartz presque exclusivement granitique, peu de plages écrasées, ce qui est naturel, puisque c'est cette partie du massif qui a subi le moins de compression.

III. *Granit pris sur la route de Beaufort au Cernix.* Le granit est fin, le feldspath légèrement rosé, la biotite rare paraît altérée. Quelques grands cristaux porphyroïdes d'orthose.

Au microscope. — La biotite est presque complètement épigénisée en chlorite selon p. (001) ; cette dernière, très peu biréfringente, polarisant dans le gris bleu, doit probablement être rattachée à la ripidolite ; elle garde un léger polychroïsme dans les teintes vertes, l'oligoclase est abondant, altéré ; sur quelques rares individus on voit encore les macles de l'albite et du péricline, il est chargé de produits secondaires ; l'orthose, en grandes plages, de consolidation postérieure, montre çà et là, dans son intérieur, du quartz secondaire ; le quartz granitoïde moule le tout.

IV. *Granit pris à 600^{m} de Beaufort, sur la route de Beaufort au Cernix, coté 698^{m} (en place).* Roche à grain moyen, avec cristaux porphyroïdes d'orthose, aplatis selon g_1 (010).

Au microscope. — Biotite presque complètement chloritisée, avec quelques inclusions de jolis zircons à auréoles polychroïques ; ces auréoles sont beaucoup plus vives quand la biotite est restée intacte que lorsqu'elle est chloritisée ; cependant elles sont encore visibles dans ce dernier cas. Dans la biotite fraîche, *ng* est d'un beau rouge brun, *np* brun très pâle. Il est curieux d'observer simultanément dans la roche des lamelles de biotite absolument fraîches, d'autres complètement épigénisées.

Apatite abondante, en cristaux inclus dans les micas ou libres dans la roche. Sphène en plages plus ou moins fusiformes, grisâtres, douées d'un fort relief et d'une forte biréfringence.

L'oligoclase, en nombreux cristaux, fortement décomposé, chargé de séricite, présente les macles de l'albite et de Carlsbad.

Les grands cristaux d'orthose présentent sur g_1 (010) des clivages p (001) très nets avec extinctions à 4 ½ degrés de la trace de clivage. Ils montrent des veines d'albite et de quartz à structure microperthitique et renferment à l'état d'inclusions les éléments du granit moins le quartz. Quartz granitoïde.

Analyse

SiO_2	=	65,30
Al_2O_3	=	18,15
FeO	=	2,22
MnO	=	traces
CaO	=	2,55
NgO	=	1,15
K_2O	=	2,76
Na_2O	=	5,30
P_2O_5	=	traces
perte au feu	=	2,44
		99,86

V. *Granit pris à Beaufort même (en place).* Granit à grain fin et à feldspath rosé.

Au microscope. — Mica verdi, complètement chloritisé, avec inclusions d'apatite et de grains de magnétite. La chlorite garde un polychroïsme marqué, verte en long, jaune très pâle en travers.

Oligoclase abondant, très altéré, chargé de séricite avec macles de l'albite, de carlsbad et du péricline. L'orthose, en grands cristaux à contours presque réguliers, montre de belles macles de carlsbad ; à l'inté-

rieur, il est rempli de grains de calcite. Celle-ci provient de la décomposition d'oligoclase empâté dans l'orthose ; car on trouve encore quelques cristaux frais d'oligoclase accompagnés de lamelles de biotite chloritisée et de quartz secondaire, également inclus dans l'orthose.

Le quartz granitoïde est peu abondant ; il prend parfois des formes pegmatoïdes.

Analyse

SiO_2	=	64,45
Al_2O_3	=	16,92
FeO	=	3,77
NmO	=	traces
CaO	=	1,35
NgO	=	2,81
K_2O	=	2,95
Na_2O	=	5,54
P_2O_5	=	traces
perte au feu	=	2,08
		99,87

VI. *Granit pris à Ville-Dessus, coté 1070^m (en place).* Granit à grain moyen, à feldspath rose, très peu de biotite à l'œil nu.

Au microscope. — Biotite chloritisée accompagnée de nombreux amas de magnétite à formes géométriques et de quelques cristaux hexagonaux d'apatite, oligoclase abondant, saturé de calcite et de séricite, orthose et quartz granitoïde, très frais, ce dernier tend vers les formes pegmatoïdes.

VII. *Granit pris sur la route de Beaufort au Cernix, à 200^{m} de Beaufort (en place).*

Au microscope. — Biotite rare, fortement chloritisée. Oligoclase abondant, en cristaux cassés, déplacés et ressoudés par d'abondantes traînées de séricite, orthose en grandes plages à structure microperthitique fine, empâtant souvent les plagioclases.

Quartz granitoïde abondant, à extinctions onduleuses, souvent brisé.

La roche paraît avoir supporté de fortes actions dynamiques.

Granit à amphibole

Le dyke granitique dont nous venons de faire l'étude est percé par un filon de granit à amphibole, près du pont des Iles, en amont de Beaufort ; une carrière a été récemment ouverte pour l'exploiter. On peut le suivre sur la droite du sentier qui monte de ce point au village du Bersend jusque tout près de cette localité.

Ce granit, déjà signalé par MM. Pillet et Révil, est une roche de teinte verdâtre, à grain fin, à feldspath rose, pauvre en quartz ; exceptionnellement, l'amphibole y atteint quatre ou cinq millimètres de longueur ; on y trouve aussi de grandes paillettes hexagonales de biotite.

Au microscope. — Les éléments constituants, dans l'ordre de consolidation, sont les suivants :

Magnétite rare, en petits amas, sphène rare également en petites plages ; hornblende verte en grands cristaux, avec faces m (110) et g_1 (010) ; les clivages

m (110) sont marqués, l'allongement est positif, l'extinction maximum se fait à 20° de h_1g_1, les macles h_1 sont rares et sans répétition, le polychroïsme est sensible *ng* vert pâle, *np* vert grisâtre très pâle, *nm* vert-jaunâtre, *ng-np* légèrement au-dessous de 0,024.

Biotite brune, en lamelles généralement plus petites que celles de l'amphibole, paraît plus abondante que la hornblende; très polychroïque, dans les tons bruns, elle est verdie par une chloritisation secondaire. Il est à remarquer que certaines lamelles sont très fraîches, tandis que d'autres sont complètement chloritisées. L'oligoclase, abondant, est fortement altéré et chargé de produits secondaires. L'orthose, en grandes plages, mieux conservé, moule l'oligoclase; le quartz granitoïde peu abondant tend nettement vers des formes pegmatoïdes. La roche montre des froissements dynamiques.

Analyse

SiO_2	=	58,00
Al_2O_3	=	18,47
Fe_2O_3	=	3,26
FeO	=	3,45
MnO	=	traces
Cr_2O_3	=	traces
CaO	=	3,85
NgO	=	2,93
K_2O	=	2,17
Na_2O	=	4,85
perte au feu	=	3,32
		100,19

Pointement du Bersend

Le granit du mont Bersend forme une lentille beaucoup moins longue et moins large que la précédente.

On peut le voir affleurer au sommet du mont Bersend et en suivant le sentier, à peine tracé par places, qui descend de ce point au village de Chavonne ; on le retrouve également sur la route de Beaufort au Fontanu, un peu avant d'arriver à ce dernier endroit, à l'est des micaschistes qu'on observe au Cernix. C'est de ce second dyke granitique que proviennent les deux échantillons dont nous allons donner la description.

VII. *Granit pris entre le Cernix et Fontanes* (*en place*). Granit à grain fin, porphyroïde, avec mica abondant.

Au microscope. — Biotite en larges lamelles très polychroïques et très fraîches ; ng brun rougeâtre, np brun jaunâtre très pâle ; on y trouve des inclusions d'apatite ; les sections p (001) donnent une croix noire, légèrement disloquée par rotation. Quelques zircons auréolés.

Apatite, en prismes disséminés dans toute la roche ; oligoclase fortement altéré ; orthose beaucoup plus rare.

Le quartz dans cette roche est presque exclusivement granulitique, parfois franchement hexagonal, de dimensions sensiblement inférieures à celles des autres éléments.

Actions dynamiques manifestes.

VIII. *Granit pris entre le Cernix et Fontanes.* Même type macroscopique que le précédent.

Au microscope. — Belle biotite, très fraîche, abondante, brune, avec quelques inclusions de zircons. Rares cris-

taux d'apatite ; quelques lamelles de mica blanc. Orthose et oligoclase altérés.

Ici encore le quartz est presque exclusivement granulitique. Les actions dynamiques internes ont brisé la plupart des cristaux.

Analyse

SiO_2 =	64,85
Al_2O_3 =	17,47
FeO =	4,13
MnO =	traces
CaO =	2,95
MgO =	0,97
K_2O =	2,93
Na_2O =	5,73
P_2O_5 =	traces
perte au feu =	1,60
	100,57

Il faut remarquer la tendance du granit du Bersend de passer à la granulite ; il forme ainsi plus ou moins un terme de passage entre le granit d'Outray et la protogine.

Schistes granitisés de Beaubois

Au Fontanu, on quitte le pointement granitique décrit précédemment, et, en suivant la route qui conduit à Roselend, l'on rencontre des schistes noirs à mica blanc.

Ceux-ci, sur le flanc de la Pointe de Méraillet, sont coupés par des bancs très nets de schistes injectés à fond et passant au type du granit.

Un premier individu nous montre sous le microscope une biotite rare, chloritisée en pennine, de belles lamelles de muscovite, de l'orthose et de l'oligoclase en grands cristaux fortement décomposés, du quartz abondant, quelques grains de calcite et d'épidote secondaires; la roche accuse des phénomènes dynamiques marqués ; les cristaux sont brisés et transformés par endroits en une véritable brèche dans laquelle gisent pèle-mêle les éléments constituants. Un autre spécimen très granitique présente les mêmes caractères et une structure identique.

Pointement de Saint-Guérin

Alphonse Favre avait déjà remarqué qu'en remontant le val de Poncellamont, un peu avant l'Oratoire de Sainte-Barbe, l'on trouvait un granit à petit grain traversant les schistes cristallins sous forme de filons. A Saint-Guérin, ce granit est mieux développé et accompagné de faux gneiss.

Ces filons granitiques ne sont que des bancs de schistes granitisés à fond qui, comme à Beaubois, tranchent nettement avec les schistes cristallins du voisinage.

Près de l'Oratoire de Sainte-Barbe, nous avons recueilli un de ces schistes au milieu desquels apparaissent les bancs granitisés.

Un peu après l'on rencontre des bancs d'un granit très riche en paillettes de biotite vaguement alignées.

Le granit de Sainte-Barbe, en bancs, est donc une roche à grain fin, légèrement schisteuse avec biotite noire.

Au microscope. Apatite, très abondante en gros cristaux inclus dans les feldspaths, biotite presque complètement transformée en chlorite d'un beau vert, sauf quelques trainées filamenteuses, à polychroïsme appréciable ; oligoclase kaolinisé, orthose au contraire très frais avec quelques petits filonnets d'albite ; un peu de microcline, quartz granitique abondant ; dans certaines régions le quartz forme des agrégats pegmatoïdes, épidote secondaire.

Un second spécimen nous a montré un schiste complètement granitisé, à masse séricitique, avec magnétite en gros grains opaques, renfermant des inclusions d'apatite ; ce minéral, très abondant dans la roche, forme de nombreux prismes hexagonaux, incolores, de $0,014^{mm}$ de longueur.

La biotite brune, peu chloritisée, forme de longues traînées plus ou moins parallèles de belles lamelles brunes polychroïques.

Quelques gros cristaux de sphène isolés ; oligoclase rare, mâclé ; quartz granulitique à formes hexagonales abondant, imprégnant toute la roche.

Alphonse Favre considère les bancs granitiques de Saint-Guérin comme le prolongement au N. du pointement de Cevins ; nous les rattacherions plus volontiers au type des schistes injectés de Beaubois. Les gneiss sigalés par Alp. Favre comme accompagnant le granit de Saint-Guérin ne sont que des faciès d'injection.

Protogine du pointement de Cevins

En allant de Fessons à Cevins, on trouve des roches très métamorphosées, schisteuses, formées de fines lamelles de séricite, avec des cristaux de quartz d'orthose et d'oligoclase ; ces roches, dans leur ensemble, sont moins cristallines que les précédentes et caractérisées par une multitude de grains de sphène.

En continuant à avancer vers Cevins, on trouve des micaschistes qui s'injectent de plus en plus, deviennent des schistes granulitiques puis des gneiss glanduleux, et passent enfin à des bancs d'une roche granitoïde, mais qui garde cependant une allure générale plus ou moins gneissique.

Nous considérons cette roche comme étant l'équivalent de la protogine pegmatoïde. Le type le plus franc que nous ayons étudié et qui rappelle étonnamment certaines variétés du Mont-Blanc, provient d'une carrière située à quelques cents mètres au S. du torrent de la Gravax.

Sous le microscope. La structure de cette roche est celle d'une protogine. On y trouve de jolis cristaux de sphène, abondants, à contours nets, gris brunâtre ;

de l'apatite en prismes hexagonaux ; la biotite en lamelles très polychroïques *ng.* vert brunâtre foncé, *np.* jaune très pâle ; dans la biotite quelques inclusions d'apatite, de sphène et quelques rares zircons auréolés.

A côté de la biotite franche en lamelles, on trouve un mica filamenteux, fortement chloritisé, analogue à celui de certaines protogines du Mont-Blanc.

Oligoclase en grands cristaux kaolinisés ; plages d'orthose avec filonnets d'albite, quartz granitoïde, un peu de microcline accompagné d'un quartz granulitique s'injectant dans les cassures.

Comme produits secondaires, quelques grains isolés de calcite et d'épidote. La roche a subi d'énergiques phénomènes de compression. Le quartz y est écrasé, frangé d'esquilles sur les bords, et prend parfois une structure bréchiforme (quartz d'écrasement.)

Deux autres échantillons, récoltés dans la même carrière, mais d'un type plus gneissique, ont montré une structure analogue. L'un d'eux passe à un véritable schiste protoginisé ; on observe dans la coupe des restes de micaschistes imprégnés et disloqués par les éléments de la roche éruptive.

Nous avons analysé deux de ces protogines, l'une présentant le type le plus massif, l'autre au contraire un faciès gneissique marqué.

La composition chimique corrobore l'analyse microscopique. On y trouve une acidité supérieure à celle des granits et un ensemble de caractères identiques à ceux de la protogine du Mont-Blanc, que nous donnons comme type de comparaison.

Protogine de Cevins Type granitoïde	Protogine de Cevins Type gneissique	Protogine du Mont-Blanc
SiO_2 = 68,60	SiO_2 = 70,10	SiO_2 = 71,04
Al_2O_3 = 16,15	Al_2O_3 = 16,56	Al_2O_3 = 15,00
FeO = 2,93	FeO = 1,66	FeO = 2,93
MnO = traces	MnO = traces	MnO = traces
CaO = 2,35	CaO = 1,85	Cao = 1,90
NyO = 0,66	NyO = 0,61	NyO = 0,39
K_2O = 3,31	K_2O = 3,69	K_2O = 4,59
Na_2O = 5,54	Na_2O = 5,58	Na_2O = 3,99
perte au feu = 1,04	perte au feu = 0,97	perte au feu = 0,48
100,58	101,58	100,22

On sait qu'un des caractères typiques de la protogine et surtout de celle de rebrassement est la présence d'englobements de dimensions variées qu'on rapporte à des micaschistes ; nous les avons retrouvés avec des caractères parfaitement identiques dans la protogine de Cevins.

Les fragments, qui ont au maximum 20 cm. de diamètre, sont de couleur foncée, compacts ou encore schisteux ; cette schistosité reste toujours évidente sous le microscope. On y trouve de la biotite et de la chlorite ; de l'orthose en grands cristaux sans contours nets, de l'oligoclase, du quartz des deux venues. Le sphène en petits grains est répandu dans toute la masse ; ce sont là à n'en pas douter des micaschistes modifiés par granulitisation.

Analyses des englobements

De Cevins		Du Mont-Blanc	
SiO_2 =	60,65	SiO_2 =	61,27
Al_2O_3 =	18,57	Al_2O_3 =	16,35
Fe_2O_3 =	1,25	Fe_2O_3 =	3,02
FeO =	4,25	FeO =	6,00
MnO =	traces	MnO =	0,48
CaO =	3,20	CaO =	4,57
NyO =	2,00	NyO =	1,69
K_2O =	4,58	K_2O =	7,26
Na_2O =	4,28	Na_2O =	1,94
perte au feu =	1,80	perte au feu =	0,45
	100,99		102,03

Comme nous l'avons dit, au voisinage de la protogine de Cevins, on trouve des schistes injectés d'une manière remarquable. Ces derniers, à faciès glanduleux, se trouvent particulièrement bien développés sur le sentier qui conduit de Chauvet à Cevins, à la côte 700 à 800 m.

Au microscope. Le schiste micacé est formé par un agrégat très fin de quartz et de mica, ce dernier en traînées filamenteuses. Entre les feuillets s'intercalent d'abord des lentilles exclusivement quartzeuses, visibles seulement sous le microscope et formées par de superbes cristaux de quartz granulitique à formes hexagonales ; en second lieu par des glandules feldspathiques de grandes dimensions, formées par plusieurs tronçons d'orthose mâclé, selon la loi de Carlsbad et séparés les uns des autres par de véritables filons de quartz secondaire et de lamelles serrées de mica.

Dans les grands cristaux d'orthose on trouve quelques lamelles de biotite chloritisée, des cristaux d'oligoclase et quelques grains de calcite.

Nous avons examiné plusieurs types de ces schistes, tantôt c'est l'injection lenticulaire, tantôt la modification par empâtement qu'on rencontre. Un autre échantillon recueilli non loin du précédent s'est montré très riche en microcline.

Microgranulité du Grand-Mont

Dans sa coupe du Grand-Mont, Alph. Favre [1] signale au N-W du col de la Louze des roches porphyriques faisant suite à des schistes noirs qu'il caractérise de la manière suivante : roche singulière, d'un gris jaunâtre qu'on prendrait au premier coup d'œil pour une brèche formée d'éléments cristallins. La base est composée de quartz grisâtre et de feldspath blanchâtre ; elle renferme de petites masses anguleuses de matières chloriteuses ou micacées ; mais le quartz présente souvent dans sa cassure une forme hexagonale, ce qui est un caractère des porphyres. Je n'ai pu me former une opinion arrêtée sur cette roche qui est associée à du grès, à des cargneules et peut-être à des protogines.

Nous avons pu, grâce à la collection léguée par Alph. Favre à la ville de Genève, examiner sur deux échantillons recueillis par lui, la nature de ces roches et reconnaître que c'étaient des microgranulites analogues à celles de Valorcine et du Val Ferret Suisse.

Dans mes courses de cet été, j'ai retrouvé ce très intéressant gisement ; il se trouve au N-E du Grand-Mont sous forme d'un culôt éruptif, qui ne se remarque absolument pas au point de vue topographique.

1 Alph. Favre. Recherches dans les parties de la Savoie du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, t. III.

Pour le retrouver, le moyen le plus simple est de partir de la cime même du Grand-Mont cotée 2693m et de descendre dans la direction de la chapelle de St-Guérin ; à environ 300 ou 400m en dessous du sommet l'on rencontrera des schistes plus ou moins injectés qui permettront alors d'arriver facilement à la roche éruptive elle-même ; celle-ci perce les schistes cristallins francs, et ce n'est que plus bas qu'on retrouve les grès et les cargneules dont parle Alph. Favre.

Au microscope. La roche est à deux temps distincts.

Le premier, représenté par de la biotite en lamelles déchiquetées et chloritisées ; quelques lamelles sont polychroïques et renferment des zircons. Muscovite en lamelles, magnétite rare, en petits amas. Illménite et sphène en plages quadrillées rares et en grains disséminés ; oligoclase en grands cristaux, maclé et décomposé, orthose de plus petites dimensions, moins abondant, quelques cristaux sont très frais, maclés selon la loi de Carlsbad, d'autres altérés ; dans les cristaux frais on remarque des filonnets d'albite ; quelques rares et petits cristaux de microcline. Quartz en beaux grains, bipymaridé, brisé et sillonné de cassures par lesquelles le magma granulitique a pénétré, de sorte que ce dernier se trouve parfois emprisonné dans les grands cristaux.

On observe des cassures de deux natures : les unes sont originelles, les autres proviennent des actions dynamiques, car plusieurs cristaux ont des extinctions roulantes, accusant de fortes compressions.

Résorption magmatique évidente dans la première consolidation.

Deuxième temps. Pâte microgranulitique essentiellement quartzeuse, avec quelques grains de magnétite et des lamelles de biotite, chloritisées et localisées. Un peu de calcite provenant de la décomposition des plagioclases.

Analyse

SiO_2	=	67,70
Al_2O_3	=	15,48
Fe_2O_3	=	2,60
FeO	=	2,94
MnO	=	traces
CaO	=	2,20
NyO	=	0,93
K_2O	=	1,77
IVa_2O	=	4,48
perte au feu	=	1,96
		100,07

Un second échantillon nous a montré un type absolument identique au précédent.

DEUXIÈME PARTIE

ROCHES CRISTALLOPHYLLIENNES
ET SÉDIMENTAIRES

Les schistes cristallins

Les schistes cristallins sont particulièrement bien développés dans la région que j'ai parcourue, où ils forment l'ossature de tous les anticlinaux importants.

Ces schistes examinés au microscope présentent tous des phénomènes d'injection plus ou moins marqués, si bien qu'il est très difficile de se rendre compte de ce que pouvait être le type originel du schiste cristallin.

Au point de vue microscopique, on peut les classer en schistes à mica noir, micaschistes à mica blanc, schistes chloriteux, schistes à séricite et roches cornées; cette classification est néanmoins quelque peu arbitraire, car on est parfois dans le doute pour savoir à quelle catégorie appartient tel ou tel échantillon.

Cependant sur le terrain, la subdivision est plus nette, et l'on peut séparer ces roches en deux grands groupes assez bien définis.

A la base le type z^2 du service de la carte géologique de France est représenté par des schistes à mica noir ou à mica blanc, d'aspect très cristallins.

Ceux-ci disposés en bancs épais et compacts, se fracturent en gros blocs anguleux, cubant parfois plusieurs mètres.

Fréquemment, ils présentent un passage brusque avec le complexe supérieur, disposé en bancs très minces et feuilletés. Ce passage brusque s'observe bien sur le flanc W du pic de Chamborcier ; d'autres fois, il est vrai, le passage est graduel, le point de séparation des deux horizons devient alors très difficile à marquer.

Le complexe supérieur (x de la carte géologique de France) est représenté par des termes presque toujours beaucoup moins cristallins que l'horizon inférieur.

Il est surtout représenté par les schistes à séricite, les schistes chloriteux et les roches cornées.

Cependant toutes ces roches, à l'exception des schistes chloriteux, d'aspect particulièrement récent, ont été injectées, surtout par les minéralisateurs volatils comme le prouve la surabondance du mica blanc.

Le quartz a lui aussi profondément modifié le schiste primitif et augmenté beaucoup sa teneur en silice ; tel par exemple le cas du schiste corné de Quiège qui contient 70,10 % de SiO_2.

Lorsque l'injection a par trop transformé le (x) sa distinction du z^2 devient alors presque impossible.

Les schistes cristallins de la région du Mont-Blanc [1], ont étés étudiés d'une manière très complète par MM. Duparc et L. Mrazec. Nous avons également examiné un nombre très grand d'échantillons, mais pour éviter les redites, je donnerai seulement les caractères généraux de chacune des cinq subdivisions que j'ai établies plus haut, en indiquant ensuite les principaux endroits où l'on peut trouver les échantillons types des schistes de la région que nous étudions en ce moment.

Micaschistes à mica noir

Nous n'avons pas rencontré de schiste micacé à mica noir où l'injection n'ait pas fait entrer une proportion plus ou moins notable de mica blanc et de quartz.

Ces roches présentent à l'œil nu un aspect très cristallin ; le quartz et le feldspath s'y distinguent facilement et souvent une biotite noire en lamelles hexagonales.

Vues au microscope, ces roches présentent de la magnétite en grandes traînées. L'apatite est libre dans la roche; hématite rare et en cristaux très petits.

La biotite, à fort polychroïsme comme au Fontanu, s'en montre parfois presque totalement dépourvue comme dans les schistes qui affleurent au-dessous d'Hauteluce.

Microcline avec ses macles quadrillées typiques. Orthose en grandes plages souvent microperthitiques; oligoclase en cristaux frais, mal terminés, maclés ; par-

1 L. Duparc et L. Mrazec. Les schistes cristallins du Mont-Blanc. (Arch. des sciences phys. et nat. de Genève, t. XXX, 1893.) — L. Duparc et Etienne Ritter. Loc. cit.

fois les feldspaths kaolinisés ont donné naissance à une matière sans biréfringence, grisâtre, plus réfringente que les feldspaths, qui affecte des formes plus ou moins arborescentes et forme un mélange intime avec la damourite. Muscovite en lamelles déchiquetées.

Quartz en grandes plages granitoïdes ; les files d'inclusions y sont orientées dans tous les sens. Calcite séricite.

J'ai analysé un échantillon pris un peu au-dessous d'Hauteluce (en place).

Analyse

SiO_2	=	63,25
Al_2O_3	=	15,86
Fe_2O_3	=	4,01
FeO	=	5,50
CaO	=	1,70
MgO	=	1,27
K_2O	=	3,75
Na_2O	=	2,96
perte au feu	=	2,40
		100,77

Comme on voit sa teneur en silice est relativement forte.

Une série d'échantillons qui présentent les mêmes caractères se trouvent un peu au-dessous d'Hauteluce, au col du Méraillet, au pied du mont Méraillet à 400 mètres du Fontanu, en aval de Notre-Dame de Briançonel à Fessons.

Micaschistes à mica blanc

Ce sont eux en général qui ont subi l'injection la plus complète. A l'œil nu, l'on a tous les passages depuis des types très gneissiques jusqu'à des échantillons extrêmement schisteux.

Ces types de micaschistes à mica blanc sont très analogues aux variétés étudiées par MM. L. Duparc et L. Mrazec [1] dans le massif du Trient où le mica blanc est incontestablement dû à la diffusion des minéralisateurs dans la roche encaissante.

Il paraît donc que l'abondance du mica blanc dans la région provient très probablement de granulites restées en profondeur, mais qui n'en ont pas moins minéralisé leur couverture cristalline.

On y trouve du rutile, de la magnétite sous forme d'une infinité de petits grains épars, de l'apatite.

La muscovite est en lamelles très déchiquetées et orientées dans tous les sens; la chloritisation varie suivant les échantillons.

Orthose, oligoclase maclés; le quartz à extinctions onduleuses est extrêmement abondant.

1 L. Duparc et L. Mrazec. Loc. cit.

Un échantillon pris à Sainte-Barbe m'a donné à l'analyse :

Analyse

SiO_2 =	62,20
Al_2O_3 =	19,14
Fe_2O_3 =	3,51
FeO =	3,60
CaO =	1,55
MgO =	0,82
K_2O =	3,50
Na_2O =	2,64
C =	0,35
perte au feu =	3,08
	100,39

Une série d'échantillons examinés au microscope et présentant ces caractères, proviennent de la base de l'Aiguille de Roselette, du sommet du pâturage de Planpatier, du sommet de Pointe de Méraillet, de Sainte-Barbe dans la vallée de l'Argentine.

Schistes à séricite

Ces roches représentent un type très uniforme à l'œil nu, ce sont des schistes satinés, qui se délitent en plaquettes, un peu durs.

Ce sont eux qui présentent la teneur en silice la plus faible.

Ils ont de très grandes analogies avec les roches cornées qui ne sont peut-être que des schistes à séricite transformés par l'apport considérable du quartz d'injection.

Au microscope on y distingue les minéraux suivants :

Magnétite abondante en grains ou en gros cristaux bien formés, orthose en grands cristaux ; quartz en gros cristaux, à extinctions onduleuses, ou en cristaux microscopiques enchevêtrés dans les zones de séricite.

Le ciment de ce schiste est formé par une infinité de paillettes submicroscopiques de séricite toutes orientées à peu près dans le même sens ; elles forment de grandes traînées moulant complètement les grains de quartz qu'elles isolent en glandules ; généralement toute la traînée s'éteint à la fois, d'une manière plus ou moins onduleuse, et se pare toute entière de couleurs de polarisation dans les bleus et les rouges vifs.

Parfois cependant, les lamelles submicroscopiques sont enchevêtrées les unes dans les autres, sans qu'il existe alors d'orientation générale prédominante ; la traînée n'a plus alors d'extinction franche, ni de couleurs de polarisation nettes ; elle garde une teinte grisâtre uniforme lorsqu'on tourne la platine du microscope ; entre ces petites lamelles de séricite s'insèrent une infinité de grains de quartz également microscopiques.

Deux de ces schistes nous ont donné les résultats suivants à l'analyse.

Analyse du schiste pris au col d'Outray		Analyse du schiste pris au Cernix	
SiO_2 =	56,70	SiO_2 =	54,90
Al_2O_3 =	20,32	Al_2O_3 =	21,73
Fe_2O_3 =	3,80	Fe_2O_3 =	5,72
FeO =	4,25	FeO =	3,60
MnO =	traces	MnO =	traces
CaO =	1,15	CaO =	1,50
MgO =	4,89	MgO =	0,77
K_2O =	1,21	K_2O =	3,52
Na_2O =	5,71	Na_2O =	4,25
perte au feu =	2,60	perte au feu =	4,63
	100,64		100,52

On trouve des schistes à séricite qui sous le microscope présentent les mêmes caractères en montant au col d'Outray, au Cernix, au Fontanu, un peu au-dessus du village de Benetan.

Schistes cornés

Ces roches présentent un aspect macroscopique très voisin de celui des schistes à séricite ; mais ils n'ont pas leur aspect nacré sur la tranche, sont plus durs et plus compacts.

Le quartz granulitique d'injection, non visible à l'œil nu, y est beaucoup plus abondant, leur teneur en silice notablement supérieure.

Leur couleur est gris-verdâtre.

Au microscope, la magnétite est abondante, on y trouve un peu d'orthose et d'oligoclase.

La masse du schiste est formée par une infinité de paillettes très petites de séricite entre lesquelles s'insèrent des grains de quartz d'aussi faibles dimensions. Ce quartz granulitique est dû à l'injection.

Analyse du schiste de Quiège

SiO_2	=	70,10
Al_2O_3	=	13,72
Fe_2O_3	=	3,57
FeO	=	2,62
CaO	=	0,95
MgO	=	1,24
K_2O	=	2,73
Na_2O	=	4,08
perte au feu	=	1,90
		100,91

Ces schistes cornés sont très répandus ; nous avons étudié au microscope une série d'échantillons présentant les caractères que nous venons de décrire et qui proviennent de l'extrémité du lac de la Girotte, du sommet du col d'Outray, du village de Quiège, de dessus le village de Cevins.

Schistes chloriteux

Ces schistes sont certainement les moins cristallins de ceux que nous avons étudiés.

Ils ne sont pas très développés dans la région que j'ai parcourue. On y trouve fréquemment de jolis cubes de pyrite.

Au microscope ils montrent de la magnétite et de la pyrite en grandes plages dessinant les formes en fer de lance et en grilles, si caractéristiques, apatite.

La chlorite se montre sous deux formes voisines l'une de l'autre.

Tantôt elle est localisée dans le voisinage des grandes plages de magnétite qu'elle borde d'un cordon de larges lamelles polarisant dans les rouges lilas et très polichroïques, tantôt elle est en minces lamelles épigénisant la muscovite et polarisant dans les gris-jaune. Muscovite, grains et aiguilles de rutile ; une ou deux plages de sphène. Orthose rare ; oligoclase plus fréquent et surchargé de produits secondaires. Une ou deux grandes plages de quartz ; du quartz granulitique. Calcite en gros cristaux séricite.

Ces schistes que nous avons examinés au microscope se trouvent sur le sentier de Notre-Dame de la Gorge à Nant-Borrant, sur la rive gauche du Bon-Nant, sur la rive gauche du Dorinet, en face de Belleville, sur la rive gauche du Dorinet à l'W de Colombe, en bas du ravin du Célestet.

Amphibolites et éclogites

En liaison avec les schistes cristallins, nous avons trouvé de nombreux affleurements d'amphibolites et d'éclogites [1].

Celles-ci ne se montrent que sur le versant sud du Grand-Mont ; c'est au nord de la montagne de Pormenaz, dans la chaîne des Aiguilles-Rouges, que se trouve le prolongement au nord de la traînée d'amphibolites et d'éclogites qui nous occupe.

Celles-ci rappellent du reste même par leur position topographique au bord des pittoresques petits lacs Tempête où elles forment un gisement lenticulaire, le gisement célèbre du lac Cornu.

Les amphibolites sont disposées en série de traînées orientées à peu près N-S, qu'on trouve sur les deux flancs du mont Chamborcier, entre 2000 et 2400^{m} d'altitude.

Toutes ces roches basiques sont intercalées entre des schistes cristallins plus ou moins injectés ; nous étudierons successivement les éclogites et les amphibolites.

1 L. Duparc et Etienne Ritter. Les amphibolites et les éclogistes du Grand-Mont. (Arch. des sciences phys. et nat. de Genéve. 3me partie, t. XXXI.)

Eclogites

Les éclogites présentent plusieurs types dans lesquels les minéraux composants sont en général les mêmes, mais dont le mode d'agrégation peut varier.

Une première préparation montre les minéraux suivants :

Magnétite, sphène, rutile, apatite, amphibole, grenat, oligoclase, orthose, quartz, puis chlorite, épidote, séricite.

Magnétite abondante en grains à contour parfois géométrique. Rutile en cristaux bruns polichroïques *ng* brun foncé *np* brun jaunâtre plus pâle. Contour généralement irrégulier, on reconnaît cependant la pyramide. Sphène en grains irréguliers incolores et craquelés quelquefois formés par la réunion de plusieurs individus. Apatite abondante en petits prismes hexagonaux. Elle est parfois inclue dans le sphène. Amphibole renfermant en inclusions les minéraux précités ; c'est l'élément qui prédomine, toujours en larges cristaux, clivages marqués, extension maxima rapportée de l'allongement $+ = 23°$, $ng - np = 0{,}024$; *ng* vert brunâtre intense, *nm* brun verdâtre, *np* jaune verdâtre, grenat incolore craquelé dans l'intérieur, inclusions analogues à celles de l'amphibole. Oligoclase rare en petits grains maclés selon l'albite. Orthose en grains souvent noyé dans une masse à paillettes séricitiques. Quartz abondant riche en inclusions liquides alignées en files et calé entre les autres éléments. Chlorite rare, quelques lamelles d'un beau vert d'herbe polychroïques, provenant probablement d'un mica préexistant. Epidote en

petits grains jaune pâle non polychroïques localisée dans les régions feldspatiques.

Une seconde coupe montre un type assez différent qui rappelle celui des éclogites de Trient. Le rutile très abondant offre les caractères déjà décrits. Il est souvent entouré complètement de sphène. La magnétite n'est point rare. L'amphibole est de beaucoup plus petite taille, l'angle d'extinction par rapport à l'allongement plus petit (16-17 degrés) le polychroïsme donne *ng* vert jaunâtre, *np* jaune verdâtre pâle. On trouve de plus nombreuses plages de ***micropegmatite de diopside chromifère et de quartz*** identiques en tous points à celles des éclogites du Trient auxquelles nous renvoyons [1]. Le diopside est incolore.

Grenat légèrement rosé riche en inclusions de rutile, craquelé, les craquelures remplies par une matière verdâtre. Oligoclase et orthose identiques au précédent. Quartz granitoïde et granulitique. Epidote dans le grenat.

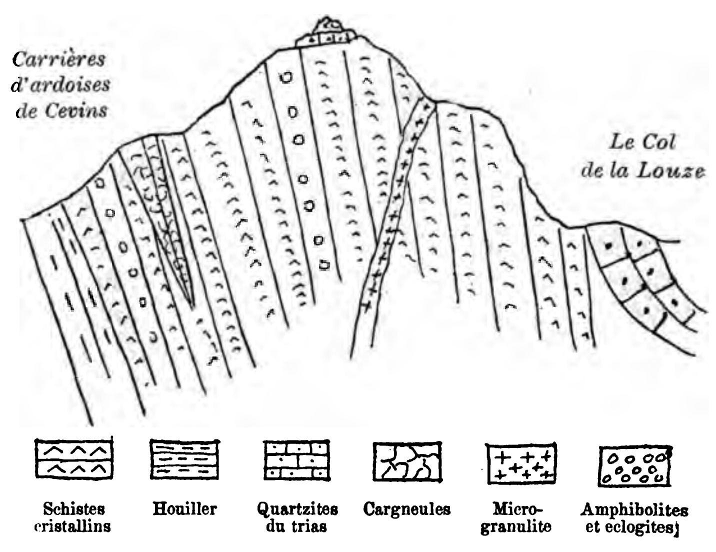
Un troisième type très semblable au précédent est caractérisé par l'abondance de la zoïsite. Le rutile est en beaux cristaux, le sphène si abondant qu'il devient presque un élément essentiel, les grains sont fort gros. Amphibole identique à celle du premier type. Grenat rosé, puis plages de micropegmatite de diopside moins nombreuses toutefois que dans le type précédent. Feldspaths et quartz avec caractères ordinaires. Zoïsite en grands cristaux avec allongement $\pm$ bisectrice aiguë positive *ng*, forte dispersion et faible biréfringence. Cette zoïsite qui est très abondante se mêle par places à des grains d'épidote jaunâtre polarisant dans des teintes vives.

1 L. Duparc et L. Mrazec. Note sur les roches amphiboliques du Mont-Blanc. (Archives, t. XXX, 1893.)

Amphibolites

Les amphibolites proprement dites sont également assez différentes entre elles; des variétés pauvres en grenat les rattachent aux éclogites.

Le Grand-Mont, 2693 mètres.



Coupe montrant les gisements d'amphibolites dans le $\mathrm{G^d}$-Mont

Un spécimen provenant du lac Tempête est exclusivement formé d'une amphibole dont les caractères sont foncièrement différents de ceux des éclogites de la même localité.

Les cristaux sont pressés les uns contre les autres et alignés parallèlement. Cette amphibole est incolore en lumière naturelle ou très faiblement verdâtre, les cristaux de grande dimension s'éteignent à 20° de

l'allongement positif, le polychroïsme est nul *ng-np* = 0,025.

Une seconde amphibolite provenant du mont Chamborcier rappelle au contraire certaines variétés feldspathisées, si communes dans le massif du Mont-Blanc.

L'amphibole dominante a un polychroïsme intense et s'éteint à 18° ; elle contient des inclusions d'apatite et de zircon.

Cette amphibole est associée à peu d'oligoclase et à beaucoup d'orthose entouré de paillettes séricitiques provenant de la kaolinisation ; beaucoup de quartz granulitique, du leucoxène, de l'épidote généralement dans le voisinage de la hornblende.

Enfin d'autres amphibolites récoltées dans les éboulis du Grand-Mont diffèrent sensiblement des deux types précédents. L'amphibole verte y est très altérée, les clivages s'effacent ; l'extinction $\alpha = 15°$, le polychroïsme y est moins fort. Quelques rares macles h_1 ; la magnétite est plutôt rare.

Le sphène affecte une disposition particulière ; il forme de grandes régions à contours capricieux, bordés d'une zone brunâtre, tandis que les parties centrales sont occupées par un sphène limpide. Dans cette zone limpide on trouve quelques cristaux bruns polychroïques de rutile complètement enveloppés par le sphène. Grenat très rare en grains incolores. Cette roche présente quelques gros et beaux cristaux de tourmaline à allongement négatif ; le polychroïsme est intense et variable par places, *ng* bleu violacé, *np* jaunâtre, *ng-np* un peu au-dessous de 0,020. Zoïzite égalant l'amphibole en quantité ; orthose calé entre les autres éléments.

Le Houiller[1]

Nous ne trouvons aucun terrain intermédiaire entre les schistes cristallins et le houiller; par contre ce dernier terrain est bien développé dans la région qui nous occupe. Il forme les deux jambages de l'anticlinal des Enclaves; sur le flanc normal de ce pli il est représenté essentiellement par des grès auxquels sont associés des poudingues; sur le flanc renversé par des schistes détritiques.

Au mont des Enclaves, il forme uniquement le jambage S.-E. et passe graduellement aux schistes cristallins; on le retrouve sur le flanc de Pointe de Méraillet. Les grès houillers forment l'anticlinal compris entre le pâturage de Planpatier et le vallon de la Gitte; on y trouve aussi quelques bancs de conglomérat; les poudingues et conglomérats peu nombreux se montrent également dans le lit du premier torrent à l'E. de Hauteluce et un peu plus loin sur la route de Belleville en contre-bas du hameau d'Annuit.

Les grès, plus abondants, se trouvent surtout sur le versant S.-W. du col Joly ainsi qu'aux Enclaves.

Les schistes sont bien développés dans le vallon de

1 Les formations du carbonifère et les quartzites du trias dans la région N-W de la première zone alpine. (Mém. Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, t. XXXII, nº 4.) — On trouvera dans cet ouvrage toutes les descriptions pétrographiques des échantillons que nous n'avons pas reproduites ici pour ne pas allonger.

la Dray et celui de Benetan où ils forment une traînée synclinale. Ils sont exploités au-dessus du hameau des Bois et surtout aux carrières de Cevins ; ces dernières carrières occupent 150 à 200 ouvriers ; elles sont anciennes et fournissent une ardoise très réputée riche en silice.

En principe, le houiller est discordant sur les schistes cristallins ; il supporte, également en discordance, le trias. Cependant les mouvements postérieurs ont été suffisants pour masquer cette discordance en bien des points. Cette pseudo-concordance peut aussi s'expliquer en partie par le fait que le houiller était local et se déposait dans les dépressions de la chaîne primitive, tandis que la transgression triasique a été beaucoup plus importante.

Comme je l'ai déjà dit, on trouve dans le houiller des conglomérats, des grès et des schistes ; ces trois subdivisions correspondent à trois faciès pétrographiques distincts, toutefois avec des formes de passage. L'âge de cette formation a été précisé grâce aux nombreux fossiles végétaux retrouvés dans l'anthracite et qui ont fait l'objet des études de O. Heer[1]. Pour ce savant, la flore houillère dénote une formation lacustre dans le massif cristallin qui formait une grande île ; pour Ch. Lory ce terrain a dû se former dans une série de lacs étagés. L'anthracite se trouve intercalée dans les schistes ou les grès.

Nous avons étudié les poudingues, puis les grès et les schistes du terrain houiller, en donnant les résultats qui se dégagent de l'étude de chacune de ces catégories spéciales.

1 Osw. Heer. Flora fossilis Helvetiæ. Die Steinkohlenflore, 1876.

Les Conglomérats du Houiller

Ces conglomérats, peu développés, sont formés par des cailloux de dimensions variables, pressés les uns contre les autres et réunis très fortement par un ciment gréseux avec lequel ils font fréquemment corps.

A l'œil nu les éléments qui les composent paraissent peu variés ; les fragments de quartz y sont en majorité ; le microscope y montre cependant des types de roches diverses, surtout des roches acides éruptives ou cristallophylliennes ; on y trouve en outre quelques galets détritiques et quelques roches bizarres.

Nous y avons reconnu les types suivants :

Des roches éruptives

1° *Des granits variés à deux micas,* à tendance parfois porphyroïde, renfermant de la magnétite, de l'apatite, de la biotite chloritisée, de l'oligoclase plus ou moins abondant, de l'orthose, de la muscovite et du quartz ; ce dernier tend à devenir granulitique.

2° *Des granits à biotite,* du type de Valorcine et de Beaufort avec apatite, zircon, biotite, oligoclase, orthose et quartz.

3° *Des granits à tendance pegmatoïde,* généralement avec deux micas, parfois avec plages graphiques.

4° *Des granulites,* très abondantes, analogues au type filonien ou de contact que nous retrouvons actuellement en place dans les massifs du Mont-Blanc et des Aiguilles-Rouges ; ce sont des associations de mica blanc, d'orthose avec plus ou moins d'oligoclase et de quartz granulitique abondant ; à ces éléments s'asso-

cient parfois la magnétite, l'apatite, la chlorite, le zircon, la biotite et le corindon.

Il est à remarquer que dans les nombreux spécimens que j'ai étudiés la protogine manque. M. Michel Lévy [1] l'a signalée dans le seul poudingue des Ajoux ; quoique dénudée comme le granit, elle semble plus rare.

5° *Les roches éruptives à deux temps de consolidation* paraissent manquer ou sont du moins excessivement rares. Je n'ai retrouvé qu'un très petit galet, fortement altéré dont la structure rappelle les microgranulites ; il est vrai que dans le ciment du conglómérat des grains à structure micropegmatoïde ne sont pas rares ; toutefois ces plages se rencontrent parfois dans les granulites filoniennes dont le second temps n'est pas accusé. Il paraît donc que les microgranulites et leurs congénères sont en majorité contemporaines ou postérieures au dépôt du carbonifère.

Des roches cristallophylliennes

Ces roches comportent : 1° *Des micaschistes à mica noir* feldspathisés, avec sphène, biotite, feldspath, séricite et quartz.

2° *Des micaschistes froissés,* passant aux gneiss avec apatite, magnétite, biotite, feldspath, muscovite et quartz. La roche montre des froissements dynamiques intenses.

3° *Des micaschistes granulitiques* avec biotite, rutile, magnétite, microcline, orthose, oligoclase et quartz.

4° *Des micaschistes à mica blanc,* formés par une association de larges et belles lamelles de muscovite et de quartz.

1 Michel Lévy. Etudes sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc. Bull. du serv. de la carte géol. de France, n° 9.

5° *Des micaschistes granulitiques passant aux gneiss* riches en biotite et en muscovite avec orthose, microcline et quartz.

6° *Des micaschistes très compacts* avec mica blanc filamenteux et séricite, réunis à des grains de quartz étirés avec quelques lentilles de grains de quartz granulitique.

7° *Des schistes à séricite* formés par des zones alternantes de séricite et de quartz.

Roches détritiques

Elles sont représentées par des grès uniformes, très riches en quartz et qui simulent absolument : 1° *Les grès du carbonifère*. 2° *Des roches argileuses*, à grain très fin, ayant une structure porphyroïde, dans lesquelles on retrouve des contours de minéraux complètement altérés : leucoxène, muscovite, feldspaths complètement altérés, disséminés sans ordre dans une masse argileuse qui, aux forts grossissements, se résoud en un agrégat de petites paillettes micacées (séricite) et de matière amorphe.

Ces dernières roches, peu abondantes dans le conglomérat s'y montrent néanmoins très constantes. En résumé les cailloux du conglomérat rappellent de toutes manières les roches que nous trouvons en places dans les anticlinaux cristallins entre lesquels se trouve le carbonifère. C'est donc bien leur dénudation qui a livré les matériaux de ce terrain et, sans avoir besoin de discuter la discordance du terrain houiller sur le cristallin, ce seul fait suffirait à prouver la réalité des mouvements anciens dans la région qui nous occupe.

Les grès du Houiller

Ces grès bien développés dans la formation sont généralement de couleur grise ; à l'œil nu ils se montrent constellés de paillettes miroitantes de mica blanc et ne présentent pas de schistosité bien nette ; sur le terrain ils forment des bancs d'épaisseur variable. Au point de vue microscopique on peut les subdiviser en deux catégories ; ceux dont les éléments sont des individus minéralogiques et ceux qui sont composés par une association de fragments petits de roches enore déterminables ; ce dernier type représente un terme de passage entre les conglomérats et les grès ; il est plus rare.

Dans tous ces grès les fragments détritiques sont réunis entre eux par un ciment de nature spéciale. Comme les conglomérats, ils sont composés par des arènes de roches acides.

Les minéraux qui entrent dans la composition de ces grès sont : le zircon, le sphène, la magnétite, l'illménite, la muscovite, la biotite, les divers feldspaths à l'exception des plagioclases basiques, le quartz. La muscovite prédomine toujours sur le mica noir ; ce dernier élément est presque toujours chloritisé.

Les arènes sont toujours plus ou moins roulées, mais le polissage des grains est relatif et dans les cas les plus parfaits les angles sont émoussés, le minéral a son contour légèrement arrondi ; ces divers grains ne présentent jamais le degré de polissage qu'on rencontre dans les grès de formation marine. Chez certains types du reste, les grains sont si peu roulés et si fortement

pressés les uns contre les autres que l'on croirait avoir affaire à une roche éruptive ou cristalline écrasée ; l'amphibole fait toujours défaut.

La répartition relative des divers éléments varie beaucoup, mais en principe c'est toujours le quartz qui prédomine, parfois d'une manière considérable. Les phénomènes dynamiques sont variables ; bien accusés chez quelques types dont les éléments sont brisés et ressoudés ils paraissent manquer totalement chez d'autres.

Chez quelques-uns de ces types où les phénomènes dynamiques font défaut, on trouve côte à côte des grains de quartz à extinctions roulantes et d'autres à extinctions franches ; ce fait nous prouve qu'une partie des roches au détriment desquelles se sont formés les grès houillers avait subi d'énergiques compressions, attestées par les extinctinctions onduleuses de ces quartz.

C'est encore une nouvelle preuve des mouvements anciens qui ont modelé cette région.

Quant au ciment, d'importance variable, il paraît entièrement cristallin et formé par la réunion de grains de quartz et de paillettes micacées que nous rapportons à la séricite ; ces paillettes, incolores en lumière naturelle, à faible relief, s'éteignent parallèlement à la trace du clivage, ce dernier étant positif ; leur biréfringence, toujours inférieure à celle de la muscovite, ne dépasse pas 0,25 à 0,28 ; leur forme est très irrégulière. Dans le ciment elles s'enchevêtrent intimement avec le quartz recristallisé, d'aspect flou, dont on distingue mal les contours. Souvent ces lamelles viennent se disposer tout autour des grains roulés en formant une

couronne de paillettes orientées perpendiculairement à chaque point du contour.

Dans quelques grès riches en ciment, la séricite paraît s'accumuler d'une manière exceptionnelle en certains points; il est probable que ces accumulations proviennent de grains primitifs de feldspaths complètement transformés.

Les aiguilles de rutile, si fréquentes et caractéristiques des schistes du houiller font défaut ou sont rares.

Les phénomènes métamorphiques ne sont pas intenses; l'on sait du reste que ces types de roches sont réfractaires au métamorphisme. En général, les grains clastiques ne sont pas recristallisés, leur contour reste franc; nous verrons qu'il n'en est pas ainsi dans les variétés schisteuses.

Les schistes du Houiller

On peut effectuer microscopiquement une classification parmi eux et distinguer des grès schisteux, encore en bancs plus ou moins épais et des schistes ardoisiers très compacts, fissiles, généralement riches en anthracite.

Sous le microscope cette distinction est également possible, mais aux éléments roulés viennent s'ajouter des éléments recristallisés dans la roche; les éléments clastiques sont eux-mêmes soumis à des recristallisations qui en modifient les contours primitifs.

Dans les faciès encore grèseux, le caractère de schiste n'est guère accusé que par l'alignement parallèle des

éléments du ciment et des lamelles de muscovite ; les éléments détritiques y sont pareils à ceux déjà décrits dans les grès proprement dits ; leur proportion y est variable.

L'illménite en grains bruns, faiblement translucide sur les bords est variable, la magnétite fréquente ; le sphène incolore ou brunâtre, zircon ; feldspaths rares, l'oligoclase plus fréquent que l'orthose, plus kaolinisé. Plusieurs grains de quartz s'accolent et présentent une plage dentelée qui paraît s'être accrue sur ses bords; dans les dentelures s'insèrent des paillettes de muscovite de telle manière que le grain paraît gagner de proche en proche dans la pâte du ciment schisteux.

Dans les schistes ardoisiers les grains clastiques sont de beaucoup plus petite dimension, de forme nettement arrondie, aux contours estompés et flous. Là encore il y a probablement eu recristallisation. Le rutile, d'origine secondaire, se trouve en proportions très variables dans les divers échantillons; il se montre, soit en cristallites et n'est visible qu'aux forts grossissements, soit sous forme d'aiguilles fréquemment terminées par la pyramide. Vues au condensateur, elles se montrent légèrement brunâtres et pourvues d'un très fort relief.

Elles s'éteignent en long ; leur ténuité est telle qu'on en voit plusieurs superposées dans la coupe ; elles présentent parfois la macle en genou.

Ces aiguilles sont groupées dans les régions où l'on trouve l'anthracite, elles sont alignées plus ou moins parallèlement ou présentent la disposition en fagots, décrite par M. Termier dans les schistes permiens de

la Vanoise. Le rutile plus rare dans les grès schisteux que dans les schistes ardoisiers y est alors en aiguilles de plus grandes dimensions.

Le chlorite affecte parfois la disposition en rosettes; la muscovite secondaire alterne parfois avec la chlorite.

M. le professeur Duparc [1], dans une étude sur les schistes ardoisiers, a montré que la calcite est un caractère de première importance pour distinguer les ardoises carbonifères où elle fait défaut, des formations analogues des terrains plus récents dans lesquels elle se montre d'une constance très remarquable. Toutes nos études ont confirmé d'une manière complète cette remarquable observation. Dans les schistes ardoisiers on trouve toujours une plus ou moins grande quantité de matière argileuse amorphe et d'anthracite accumulée par régions ou disséminée partout. Cette abondance de matière argileuse correspond à un grand développement d'anthracite, comme si cette dernière avait empêché la cristallisation de la séricite dans son voisinage.

Le métamorphisme, plus intense dans les schistes que dans les grès, semble y avoir agi d'une manière plus locale.

1 L. Duparc et J. Radian. Recherches sur les schistes ardoisiers Archives de la Soc. de phys. et d'hist. nat. de Genève, t. XXI-XXII 1889 et t. XXIII 1890.

Le Trias

Le trias est bien développé dans la région qui nous occupe ; son extension, certainement inférieure à celle du terrain cristallin semble plus grande que celle du terrain houiller.

Le trias apparaît, soit plissé dans les synclinaux, soit comme chapeau au sommet des divers anticlinaux anciens ; dans ce dernier cas, il est presque toujours horizontal et repose en discordance sur son soubassement.

Dans le trias nous pouvons voir la coupe suivante :

A la base, des quartzites, d'épaisseur variable, quelques mètres, en bancs, qui ne manquent presque jamais.

Au-dessus, des calcaires dolomitiques blancs, jaunes ou bruns, très compacts et qui font fréquemment défaut ; on les trouve au sommet des Enclaves ; ils manquent au col de la Louze, dans le vallon des Combettes, la vallée d'Hauteluce, au col du Pré, etc.

Des cargneules, vacuolaires, qui contiennent fréquemment des grains de quartz ou des fragments de schistes verts, talcqueux.

Ces cargneules prennent un développement considérable au col Joly ; elles ne manquent presque jamais dans la formation.

Le gypse ne semble pas avoir un niveau propre. Il apparaît localement au sommet du col Joly et au col du Pré, enfin dans le vallon des Avenières.

Quartzites du Trias

Ces quartzites présentent de nombreuses variétés ; elles sont généralement de couleur claire ; leur grain est variable et sur le terrain elles se disposent en bancs compacts ; d'autrefois le laminage intense leur a donné une structure nettement schisteuse avec un grand développement de mica sur les plans de schistosité, ce qui leur donne un faux air de schistes argentés.

Au microscope, ces grès se distinguent de ceux du carbonifère par leur grande diversité ; on y trouve les mêmes éléments que dans ce terrain, à l'exception de la muscovite, très rare, des aiguilles de rutile que nous n'avons retrouvé qu'à l'état d'inclusion dans un grain de quartz.

La tourmaline ne s'y rencontre presque jamais, le sphène détritique également ; la chlorite et la séricite qui font partie intégrante du ciment varient beaucoup suivant les divers échantillons. On peut en dire autant des phénomènes de recristallisation manifestes ou intenses dans certains quartzites ; ils sont peu accusés dans d'autres.

Les quartzites présentent en effet deux types principaux ; dans l'un, les feldspaths et les quartz sont beaucoup plus roulés que dans les grès du carbonifère et réunis par un ciment identique à celui que j'ai décrit pour ces grès ; dans l'autre de gros grains de feldspaths et de quartz recristallisé sont unis par un ciment quartzeux entièrement cristallin ; ce dernier a été composé à l'origine d'une infinité de petits grains qui se sont nourris sur leurs bords ; la séricite y est rare.

Les grains quartzeux détritiques se raccordent insensiblement avec cette base recristallisée.

Comme M. le professeur Duparc l'a déjà démontré, la calcite est un élément caractéristique et qui permet de séparer de suite les quartzites du trias où ce minéral se montre toujours des grès houillers qui en sont dépourvus.

Les phénomènes dynamiques sont très accusés et le laminage a souvent couché les divers éléments de la roche dans un sens déterminé.

M. Termier[1], en résumant ses études sur les formations de même âge du massif de la Vannoise, signale la possibilité de sources siliceuses ayant présidé à la constitution des premiers sédiments triasiques; nous nous rallions volontiers à cette idée qui expliquerait la sursilification de certains exemplaires et la localisation du phénomène.

Les dolomies et les cargneules

Cette formation occupe un espace encore plus étendu que les quartzites, mais présente des épaisseurs très variables suivant les diverses localités où on la rencontre.

Les bancs dolomitiques qui surmontent immédiatement les quartzites présentent un caractère particulièrement sporadique, soit qu'ils fassent totalement défaut soit qu'ils aient disparu par suite du laminage.

1 Termier. Etude sur le massif cristallin de la Vanoise. Bull. du serv. de la carte géol. de France, n° 20.

Les cargneules se trouvent sur les deux flancs du col Joly où elles sont particulièrement bien développées; on y distingue deux types principaux.

A la base des cargneules formée par des débris de schistes argentés, des quartzites inférieurs parfois et des fragments de schistes dorés, très curieux, que nous avons rencontrés en place sur la rive gauche de l'Argentine presque en face du village d'Arêches.

L'horizon supérieur est représenté par des cargneules vacuolaires, très arénacées.

Ce type pétrographique est bien représenté dans la vallée d'Hauteluce ; l'on y a ouvert plusieurs carrières d'où l'on extrait un sable jaunâtre très fin.

Les cargneules sont également très développées dans les deux ravins synclinaux de la Gitte et du Célestet. Il en est de même au col de la Louze ; cependant cette formation semble diminuer d'importance vers le sud, et occuper dans le massif du Grand-Mont une superficie bien inférieure à celle qu'elle couvre dans les massifs d'Outray et des Enclaves.

Comme nous l'avons déjà dit, le gypse, peu abondant ne se montre pas à un horizon déterminé.

Le Lias

Le lias occupe une superficie certainement inférieure à celle où affleure le trias, si nous laissons en dehors de la région dont nous donnons la description le Mont Joly et la chaîne des Aiguilles.

C'est le contraire qui aurait eu lieu si nous avions compris ces deux montagnes dans le cadre de notre étude. En effet dans toute la limite N.-W. de la zone cristalline le lias prend un développement considérable, surtout entre Saint-Gervais, Mégève et Hauteluce.

Dans la 1re zone alpine, il ne forme que le cœur des synclinaux, dans lesquels il se présente sous forme de minces bandes allongées.

Par contre, sur la bordure N.-W. de la zone du Briançonnais, de Rocher Merles à Petit Cœur il prend de nouveau un développement considérable et pénètre au cœur même de la bande cristalline que nous étudions, en chevauchant sur les terrains anciens, au Mont Acrais et à Roche-Parstire.

C'est lui qui vient buter directement contre les schistes cristallins à quelques mètres de la Chapelle Saint-Guérin, le trias ayant disparu totalement à cet endroit par suite du laminage; plus au sud le lias forme le sommet de Roc-Marchand et traverse en diagonale la vallée de Naves.

Dans la première zone alpine on le trouve bien développé sur le flanc sud de la montagne d'Outray et le côté W de celle du Bersend; dans ces deux endroits il

forme des escarpements visibles de loin, en bas desquels les schistes se sont accumulés en cônes d'éboulis ; plus au sud ce terrain présente un grand affleurement au-dessus de la Dray ; ailleurs le lias ne forme que des affleurements très restreints.

Au point de vue pétrographique, ce terrain est représenté par des schistes noirs, très fissibles et friables ; je n'y ai trouvé que des bélemnites tronçonnées et indéterminables dans le ravin du Célestet et au hameau des Gibloux.

Mais le lias ne présente pas le facies schisteux seul ; dans le Sud, au village du Bourgeois et probablement aussi près du village du Bersend, il est représenté par un facies brêchiforme.

Cette brêche, développée surtout dans la zone du Briançonnais, a été l'objet d'une étude très complète de la part de M. Kilian qui l'a appelée la brêche du Télégraphe.

Sa présence aussi au nord et dans la première zone alpine n'avait pas encore été constatée ; elle y présente tous les caractères décrits par M. Kilian et les fragments de quartzites et de séricite nous ont paru très rares ; ce sont presque exclusivement des fragments de calcaire noirâtre et de dolomies jaune-clair qui la composent ; ils sont soudés par un ciment calcaire.

Les terrains plus récents que le lias manquent complètemennt ; à peine avons-nous à signaler quelques formations torrentielles quaternaires et contemporaines, trop peu importantes pour que nous en parlions.

TROISIÈME PARTIE

TECTONIQUE DES MASSIFS

DE BEAUFORT ET DU GRAND-MONT

La chaîne des Aiguilles-Rouges et la montagne du Prarion, ont fait l'objet d'un remarquable travail de M. Michel Lévy [1]; l'étude que je présente aujourd'hui porte sur le prolongement dans les plis étudiés au Prarion par M. Michel Lévy qui se poursuivent au sud jusqu'à l'Isère de la manière suivante :

I

Le synclinal du col Voza, qui avait disparu par laminage au nord des Contamines, réapparaît près de l'auberge de Nant-Borrant et se continue sur le flanc nord puis ouest de la chaîne de la Roselette, où il est représenté par des calcaires liasiques ; son jambage normal affleure comme cargneule dans les vallons de la Gitte et de Roselend, tandis que le cœur du pli, liasique et jurassique, forme les escarpements de Rocher-Merles, Rocher-du-Vent et Roc-Biolley.

1 A.-Michel Lévy. Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges, montagnes de Pormenoz et du Prarion. (Bull. du serv. de la carte géol. de France, nº 27.)

Au mont Acrais, le synclinal s'avance vers l'ouest et recouvre le prolongement au S. de l'anticlinal de Pointe de Méraillet.

Le synclinal se poursuit au sud par le col de la Louze, au Roc Marchand, à Darbelay et à Petit-Cœur, où M. Revil et moi l'avons suivi ; entre ces deux dernières localités, il est accompagné d'un anticlinal secondaire.

II

L'anticlinal E. du Prarion reparaît à Beaulieu et se prolonge jusqu'à Notre-Dame-de-la-Gorge et la Jat comme schistes cristallins. Plus au S., il disparaît sous la cargneule de col Joly et émerge de celle-ci sur l'autre versant du col, à l'W des Péchettes.

En ce point il se subdivise en deux anticlinaux secondaires, l'un à l'W, peu important, formé par des grès et des poudingues houillers, disparaît définitivement au S. du Cormet de Roselend ; l'autre forme les massifs des Enclaves et de Pointe de Méraillet ; il débute par des grès houillers ; ceux-ci font vite place à des schistes houillers qui vers le sud deviennent de plus en plus cristallins et passent graduellement au type des schistes précambriens (X). Au sommet des Enclaves comme au Prarion l'on retrouve un manteau triasique qui repose avec une discordance de 60° à 90° sur les schistes cristallins et houillers redressés.

Au S. de Pointe de Méraillet, le synclinal de Roche Parstire recouvre l'anticlinal qui réapparaît dans la vallée de Poncellamont et forme au S. les sommets du Grand-Rognoux et du Grand-Mont, couronnés tous

deux de manteaux triasiques; il est curieux de voir à 2698ᵐ d'altitude le trias reposer horizontalement et en discordance complète sur les schistes cristallins redressés.

Au sommet du Grand-Mont, les schistes sont percés par un dyke de microgranulite. Au S. dans le vallon d'une sauvagerie admirable des lacs Tempête, on trouve des roches amphiboliques rappelant celles des Aiguilles Rouges; le pli atteint l'Isère entre Notre-Dame-de-Briançon et la Planche.

III

Le pli-faille du Prarion s'ouvre en synclinal entre Colombe et la Jat; il forme le mont de Ugie au sommet du col Joly; sur l'autre versant du col, il se poursuit au travers du lac de la Girotte dans le ravin du Célestet, au col du Pré, dans le ravin des Combettes jusqu'au vallon du Dard où les terrains mézozoïques cessent d'affleurer; une mince bande de calcaires liasiques jalonne son passage au pied du Pic de Chamborcier coté 2510ᵐ; il se montre de nouveau à Chaven comme grès houillers, et se continue de là jusqu'à La Planche au bord de l'Isère.

IV

La suite de l'anticlinal W du Prarion apparaît comme schistes noirs houillers, près de la Jat dans le lit du torrent, qui descend du col Joly; c'est comme houiller également qu'il affleure sur l'autre versant du col, au S. des Péchettes où se trouve le célèbre gisement fossilifère de Colombe en Empulant; au sud de ce point, le pli se subdivise en deux anticlinaux qui correspondent,

comme nous l'a fait remarquer M. Michel Lévy, aux plis monoclinaux du Prarion, l'anticlinal reste dédoublé depuis là jusqu'au bord de l'Isère.

De ces deux anticlinaux, le plus important, situé à l'W, est percé par des dykes granitiques du Bersend et d'Outray, qui sont probablement deux môles anticlinaux distincts, tandis que l'autre très écrasé forme le pied de ces deux montagnes ; ils sont séparés par un synclinal où affleure le trias et le lias.

Ces deux anticlinaux parallèles se poursuivent au S. d'une manière régulière jusqu'à l'Isère, où le plus oriental est illustré par un culot de protogine gneissique qui a profondément injecté les schistes encaissants.

A la cascade du Dard et à Benetan, l'on rencontre, au cœur des deux anticlinaux probablement, deux traînées de schistes amphiboliques.

V

De dessous le synclinal à peine indiqué du mont Joly et de la chaîne des Aiguilles, sort un synclinal profond, qui à partir d'Annuit suit le cours du Dorinet, tandis que à l'W et au S., deux anticlinaux anciens, qui émergent également de dessous le synclinal du mont Joly, constituent les massifs de Bisanne et du Mirantin.

Au S. de l'embouchure du Dorinet, le synclinal élargi forme la base du Mirantin entre les Cheseaux et Planvillard ; il se continue au S. par le col de la Bâtie et Benetan et vient se terminer près de l'Isère à Langon.

Nous venons de donner rapidement une idée de l'allure des plis dans la région que nous avons étudiée, mais dans l'explication des courses sur le terrain, il est impossible de suivre successivement des bandes longues de plus de 40 kilomètres et qui souvent n'en ont pas même un de large, c'est pourquoi une subdivision en trois régions ayant chacune des caractères bien nets nous a paru préférable.

La bande cristalline que nous avons étudiée comporte en effet trois parties très distinctes :

1. Le col Joly et le raccordement exact des plis que nous étudions avec ceux que M. Michel Lévy[1] à décrits pour la feuille Annecy.

2. Les massifs d'Outray et des Enclaves.

3. La région du Grand-Mont aux bords de l'Isère.

Région du col Joly

En descendant des chalets des Tiers jusqu'à Beaulieu, l'on a tout le long du chemin, à une faible distance à sa droite, le contact de la cargneule et des schistes du lias ; ceux-ci, riches en bélemnites tronçonnées, friables, prolongent d'environ 30° au N-W ; au bas du chemin, à Beaulieu même, les cargneules disparaissent sous les alluvions modernes du Bon-Nant ; on ne les voit plus affleurer sous le lias, le long de ce torrent jusqu'au Fayet.

Un peu après la Scierie, en montant à Notre-Dame-de-la-gorge, l'on traverse des schistes cristallins pauvres en mica ; un peu au S. de Notre-Dame-de-la-Gorge, ils sont coupés par des filons de quartz contenant de

1 Michel Lévy. Loc. cit.

la galène et de la pyrite de fer et dans lesquels on a tenté un essai infructueux d'exploitation. La carte d'Alphonse Favre et celle de Lory, Pillet et Vallet n'indiquent pas cette bande de schistes cristallins qu'on retrouve également sur le sentier qui conduit de Notre-Dame-de-la-Gorge à la Jat et qui jalonnent nettement le passage de la suite du premier anticlinal du Prarion.

En montant la Jat au sommet du col, on suit, formant le jambage W de ce même pli, le trias représenté par des couches de gypse exploitées sur plusieurs points. Au sommet du col le synclinal à l'W du pli que nous venons de suivre, qui fait suite au pli-faille du Prarion, forme le mont de Ugie constitué par des schistes liasiques qui ont une allure synclinale très peu accentuée.

De ce point l'on voit bien le lias du synclinal écrasé de Roselette recouvert par les schistes cristallins comme le montre le profil suivant :

Aiguille de Roselette

Col Joly

Schistes cristallins — Lias — Cargneules

Vue prise du chalet des Tiers au haut du col Joly

Le versant S. du col est plus intéressant parce que l'on voit sortir simultanément de dessous la cargneule tous les plis dont nous avons parlé et que nous pourrons suivre sans interruption depuis là jusqu'au bord de l'Isère.

Le pli qui apparaît le premier est l'anticlinal IV qui affleure dans la prairie en dessous des châlets des Plans sous forme de grès houillers noirs, très altérés, à grain grossier auxquels se joignent des grès très fins, pseudo-schisteux dans lesquels miroitent une infinité de paillettes de muscovite. De l'autre côté du torrent de Nant-Pulain le houiller montre deux mines abandonnées, l'une de schistes ardoisiers, l'autre d'anthracite ; c'est dans cette dernière qu'Alphonse Favre avait recueilli de nombreux pecopteris et sphenophyllum.

Cet anticlinal sur l'autre rive du lac de la Girotte se bifurque, comme nous le verrons dans le § suivant. En allant de la mine d'anthracite au S-E, l'on traverse le synclinal de cargneule que nous retrouverons dans le ravin du Célestet et l'on rejoint des grès houillers ; ceux-ci forment la suite de l'anticlinal de schistes cristallins de la Jat sur le prolongement desquels la voûte houillère s'est refermée ; cette voûte, plus au sud, aux Enclaves, s'ouvrira de nouveau jusqu'aux schistes cristallins qui remplaceront complètement le houiller à la Pointe de Méraillet.

Massifs d'Outray et des Enclaves

Le contact du lias et de la cargneule, à la base du synclinal à peine marqué du mont Joly, se continue sur le versant S. du col de ce nom par les Gibloux et les

Esserts. Déjà au-dessus de Belleville, appararaît sous la cargneule jaune, dans laquelle on a exploité un sable jaune très fin, une épaisse bande de quartzites du trias, avec biotite quartz et feldspath rose, très cristallines; elles forment le jambage W d'un nouveau synclinal, lequel sort de dessous le lias au S. de l'Echeru et se continue dans le ravin du Dorinet.

Une bonne coupe de ce pli est donnée par le lit du torrent au N. d'Hauteluce, cette coupe donne la série suivante : houiller, schistes rouges lie de vin, représentant peut-être le permien, quartzites blancs, très laminés et qui affleurent également sur la route d'Hantelme à Annuit, formés de quartz presque pur, cargneules dans le ravin du Dorinet, houiller sur la rive gauche de ce dernier.

Le sentier non marqué sur la carte, qui d'Hauteluce conduit au lac de la Girotte en passant sur la rive gauche du Dorinet, coupe en diagonale le premier des deux anticlinaux formés par la division de l'anticlinal unique de Colombe en Empulant.

Au-dessous d'Annuit affleure quelques bancs très restreints de poudingue houiller.

Quelques mètres au-dessus apparaissent les schistes du même terrain, noirs, clastiques, auxquels succèdent dans le haut de la gorge du torrent, des schistes chloriteux verts du précambrien (X) ; ceux-ci, à l'extrémité même du lac de la Girotte passent à des schistes verts compacts d'aspect corné qu'Alphonse Favre place dans le houiller ; nous sommes plus disposés à y voir des schistes précambriens également.

Un peu plus loin, sur la rive S-W, commence le second anticlinal beaucoup plus important ; c'est lui qui

forme l'arête d'Outray et dont le cœur est constitué par les deux culôts de granit, qui forment la charpente des monts d'Outray et du Bersend et qui représentent probablement comme je l'ai déjà indiqué, deux anticlinaux parallèles.

Une coupe excellente de ce pli est donnée par la route départementale, qui relie Beaufort et Roselend. En descendant du village des Curtillets, au-dessus de Beaufort, par la nouvelle route, on voit les schistes cristallins de plus en plus injectés qui passent d'une manière insensible au granit.

Celui-ci a subi des actions dynamiques telles qu'il est complétement divisé en bancs plus ou moins épais.

Un peu après le pont des Iles, le granit est percé par un beau filon de granit à amphibole qui monte presque jusqu'au village du Bersend.

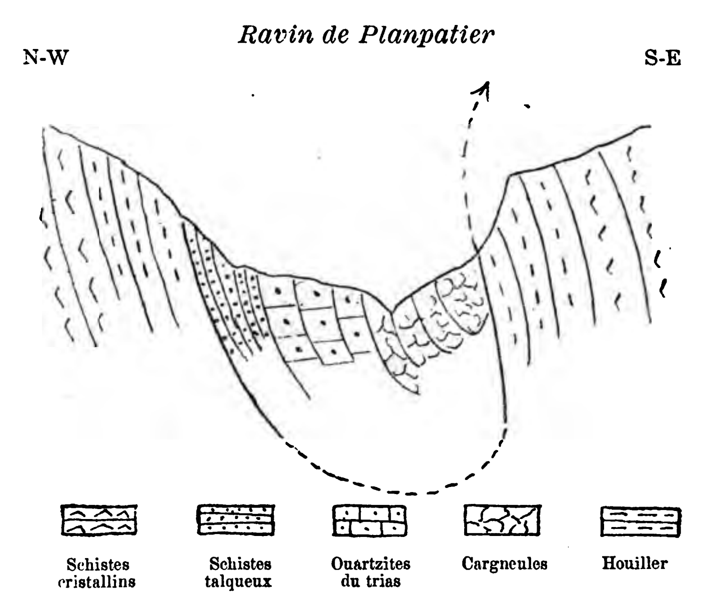
En continuant de suivre la route, l'on rentre dans les schistes cristallins, très peu modifiés. On rencontre le second culôt éruptif un peu avant d'arriver au Fontanu. On peut mieux étudier ce second pointement en montant du village du Bersend au signal du Bersend. et en descendant de là par l'Oratoire à Roselend.

Par malheur, des bois d'accès difficile ne permettent pas de faire une étude absolument complète de la région.

Si, au lieu de monter au Bersend, l'on continue à suivre la route de Roselend, on traverse sur le flanc de la Pointe de Méraillet des schistes cristallins noirs, chargés de lamelles de mica blanc au milieu desquels percent des bancs de schistes tellement injectés qu'ils passent par place à des pseudo-granits.

De Roselend, en montant au sommet des Enclaves,

on coupe l'anticlinal houiller secondaire, et près des chalets de Planpatier, le synclinal qui sépare ce pli de l'important anticlinal des Enclaves. Ce petit synclinal est bien visible dans le ravin du torrent qui coule à l'E des chalets de Planpatier ; l'on y voit la coupe suivante : houiller, schistes talcqueux verts, quartzites, cargneules, houiller.



Le sommet des Enclaves est formé par des schistes cristallins redressés, sur lesquels reposent en stratification presque horizontale des capuchons triasiques, faisant corniche sur le bord du sommet, absolument comme dans les gisements du Prarion, si magistralement décrits par M. Michel Lévy ; les schistes cristallins contiennent un peu d'azurite et de malachite ; nous verrons ces minerais devenir très abondants plus au S.

La région du Grand-Mont à l'Isère

En montant d'Arêches dans la vallée de Poncellamont l'on traverse d'abord des cargneules qui représentent le prolongement au S. du synclinal du Célestet ; de l'Oratoire de Ste-Barbe à la Chapelle de St-Guérin, l'on ne rencontre plus que des schistes cristallins. Ceux-ci présentent une série de bancs injectés et complètement granitisés entre des couches chez lesquelles le métamorphisme est presque nul.

Au col de la Louze, l'on suit le flanc normal triasique du synclinal extérieur ; en descendant de là aux bords de l'Isère, l'on ne rencontre plus que des schistes cristallins d'une désespérante uniformité, soit qu'on suive le val de Grande-Maison, soit qu'on passe par les chalets de Sécheron et de Darbelay.

Pour suivre le synclinal, il faudrait obliquer fortement à l'est et passer par-dessus Pointe de Riondet.

En montant d'Arêches au sommet du Grand-Mont l'on traverse dans le ravin des Combettes, le prolongement Sud de la bande de Cargneules d'Arêches ; peu après l'on arrive dans un cirque que décorent quatre ou cinq petits lacs et que dominent le pic terminal du Grand-Mont.

Ici les schistes cristallins contiennent d'abondants minerais de cuivre qui ont donné lieu au siècle dernier à une exploitation importante.

Trois galeries, de la hauteur d'un homme et profondes de 10^m à 20^m sont ouvertes dans un couloir d'accès difficile. Les minerais sont intercalés en lentilles dans les feuillets du schiste ; ce sont de la malachite, de l'azurite, des pyrites de fer et de cuivre souvent en cubes parfaits, de la grosseur d'une noisette, de la chalcopyrite, beaucoup de cuivre natif, un peu de galène.

En montant sur la gauche pour atteindre la cime du Grand-Mont, on traverse un culot elliptique de microgranulite dont le grand axe a quelques cents mètres de longueur.

Le sommet du Grand-Mont est, comme nous l'avons dit, couronné d'un chapeau triasique.

En descendant de cette montagne sur le col de la Bâtie, on arrive aux ardoisières de Cevins, dont j'ai déjà parlé à propos du terrain houiller.

En continuant de descendre de ce point sur le village de Cevins, l'on rencontre au-dessus de cette localité et un peu à l'ouest, un culot de protogine gneissique. Les schistes encaissants, riches en grands cristaux d'orthose, dus à l'injection, avaient déjà attiré l'attention de Brochant de Villers.

Revenons à Beaufort pour étudier en terminant le synclinal qui limite à l'W, la région que nous venons de parcourir. Il se prolonge au Sud du Dorinet, sur le flanc du Mont-Mirantin et forme entre Planvillard et la Dray, un bel escarpement de schistes liasiques ; ces schistes du lias cessent d'affleurer plus au Sud.

Par contre, dans le ravin qui descend du col de la Bâtie aux Avenières, le trias est bien développé et montre la coupe suivante :

s'est mise à modeler à sa fantaisie ces diverses chaînes.

L'érosion est donc un agent puissant, mais sur l'importance et le rôle duquel l'accord est loin d'être fait entre les géologues ; il m'a paru intéressant de rechercher quelle avait pu être son action dans la contrée qui fait l'objet de cette étude.

MM. de la Noë et de Margerie [1], dans un remarquable travail « Sur les formes du terrain» semblent attribuer à l'érosion seule la formation des vallées actuelles.

Les recherches sur le terrain que j'ai poursuivies dans la première zone alpine m'ont amené à la conviction que si dans beaucoup de cas l'érosion seule, en suivant la ligne de plus grande pente semble avoir été suffisante pour creuser des vallées profondes, il en est d'autres où l'on est obligé de recourir à l'hypothèse de cassures préexistantes.

M. Hans Schardt [2], dans un remarquable travail sur l'orographie du Pays d'En-Haut vaudois, nie la présence de cassures, dont l'érosion aurait ensuite profité pour le creusement des vallées; il donne pour la formation des cluses composées une très ingénieuse théorie. Il est possible qu'il en soit ainsi dans la région des Préalpes vaudoises et fribourgeoises, dont la formation est relativement récente.

Dans la première zone alpine le phénomène n'est plus si simple et il est certain que la présence de massifs hercyniens, qui ont plus ou moins joué le rôle de môles rigides, a dû singulièrement compliquer la question.

1 De la Noë et de Margerie. Les formes du terrain.

2 H. Schardt. Etudes géologiques sur le Pays-d'en-Haut Vaudois. *Bull. de ta Soc. vaud. des sciences natur.*, vol. XX, n° 90, 1884.

Les nombreuses études de M. Suess[1] sur les rapports qui existent entre les Alpes et leur Forland et, plus particulièrement dans nos régions les remarquables travaux de M. Michel Lévy[2] ont montré que le massif alpin a réagi sur les restes de la chaîne hercynienne et que cette réaction a créé dans le massif ancien la production de nombreuses failles.

Il est naturel que les restes démantelés de la chaîne hercynienne que nous trouvons au cœur du massif alpin aient subi le même sort que ceux situés sur les bords, et comme les efforts de compression qui s'y développaient étaient beaucoup plus intenses, le morcellement du massif a été beaucoup plus grand ; c'est ce qui a élevé la protogine à la hauteur qu'elle atteint aujourd'hui dans les massifs du Mont-Blanc et des Alpes Bernoises; c'est ce qui lui a donné sa forme en gerbe si caractéristique ; c'est aussi ce qui a produit les nombreuses cassures dont l'érosion a plus tard profité pour creuser ces vallées encaissées et sauvages des régions cristallines, pour couvrir les flancs des sommets de nombreux clapiers.

La vallée du Rhône entre Martigny et Saint-Maurice et même au-delà, celle de l'Arve entre le Fouilly et Servoz, du Bon-Nant entre Tressé et les Loyers, de l'Isère entre Notre-Dame de Briançon et Albertville, sont autant d'exemples de cassures ou de failles géologiquement évidentes que les cours d'eau ont utilisées.

J'ai cherché à délimiter avec autant de soin que possible, dans la région que j'ai étudiée, quelles sont

1 Suess. Das Anflitz der Erde, 1er vol., p. 273 et suiv.

2 A.-Michel Lévy. Etude sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc. Bull. de la carte géol. de France, nº 9.

les vallées dont on peut attribuer l'origine à des failles et lesquelles sont dues à des synclinaux ; enfin il faut reconnaître que parfois l'érosion seule semble avoir joué un rôle important.

L'accident orographique le plus considérable de la région qui nous occupe est certainement la profonde coupure du Doron. Ce cours d'eau, entre le val de Trécol et Albertville, traverse tous les plis que nous avons décrits dans le chapitre précédent.

La présence d'une cassure qui aurait permis au cours d'eau de se creuser un lit au travers des deux môles granitiques du Bersend et d'Outray semble évidente. Un coup d'œil jeté sur la carte montre que sans cela il eût été bien plus simple aux torrents des vals de Trécol et de Rosend de refluer dans le vallon de Rosend pour y former un lac ; ce lac se serait tout naturellement déversé par le col du Pré dans la vallée synclinale d'Arêches et de la Praz.

Le col du Pré est à l'altitude de 1718^{m}, et l'on y trouve une grande épaisseur d'un des terrains anciens les plus favorables à l'érosion, le gypse, si favorable même que de nos jours, par dissolution seule et sur place des eaux de pluie il s'y forme des entonnoirs de plusieurs mètres de profondeur, analogues à ceux que j'ai signalés au col Joly et à ceux du Mont-Cenis, déjà décrits par H.-B. de Saussure.

Le col du Pré est à 1718 m. d'altitude, tandis que le sommet du Bersend atteint 1852 m. et que le point de l'arête d'Outray qui domine le Fontanu est à 2038 m. ; c'est-à-dire que l'arête qui devrait relier ces deux sommets se trouverait en moyenne à plus de 200 m. au-dessus de l'altitude qu'atteint le col du Pré ; une cassure

a donc dû exister dans cette arète, qui a permis au cours d'eau de creuser la cluse au fond de laquelle il coule aujourd'hui.

Le même fait a dû se produire pour le torrent de la Gitte, dont l'écoulement naturel aurait été le vallon de Roselend ; en effet la différence d'altitude entre le sommet de Méraillet coté 1870 m. et le col des Frêtes de Roselend situé 60 m. plus bas est plus que suffisante pour déterminer le sens d'écoulement d'un cours d'eau.

Une troisième vallée de cassure bien évidente est celle de Poncellamont.

On sait que les terrains mézozoïques des Acrais et de Roche Parstire ont chevauché sur l'anticlinal ancien qu'ils ne pouvaient pas repousser devant eux; cet anticlinal n'a pas pu résister absolument à la poussée et s'est cassé ; c'est cette cassure qui a permis au torrent du col de la Louze d'apporter ses eaux au Doron au lieu de refluer au S. et de passer par le col du Cormet.

Je laisse de côté les autres vallées, peut-être édifiées de la même manière que celles que je viens de décrire, mais dont l'origine n'est pas aussi certaine.

Un des faits capitaux sur lesquels les partisans de la théorie de l'érosion seule s'appuient le plus est que l'on ne peut plus retrouver actuellement une seule faille ou cassure non entamée par l'érosion ; ceci va à l'encontre de la théorie même ; comment peut-on admettre que l'érosion, assez puissante pour avoir creusé seule toutes les vallées profondes de nos Alpes ait laissé une cassure à l'air libre sans s'y attaquer immédiatement.

Du reste ce n'est pas dans nos régions, si boulever-

sées qu'on peut le mieux poursuivre cette étude, car de nombreux facteurs secondaires altèrent et dénaturent le fait principal; c'est aux cours d'eaux souterrains qu'il faut demander l'explication du phénomène et alors le travail de l'érosion suivant des diaclases préexistantes se vérifie d'une manière éclatante.

L'on peut suivre son travail pas à pas et le doute devient impossible; les beaux travaux de MM. Martel et de Launay[1] l'ont bien prouvé.

Les vallées synclinales sont nombreuses; comme leurs divers types ont déjà été bien étudiés dans d'autres régions, je ne les citerai que pour être complet: le val du col de la Louze, celui des Combettes, celui des Avenières; la vallée de l'Argentine, entre la Dray et Beaufort, la vallée de Roselend, celle de la Gitte dans toute la partie au-dessus du Châtelard, celle du Célestet, celle de Hauteluce.

Dans toutes ces vallées, le torrent suit rarement le fond des synclinaux qui sont tous déjetés vers le N.-W., mais coule généralement sur le jambage normal.

Le cours d'eau du Dorinet montre que l'érosion par les cours d'eaux est beaucoup plus puissante lorsque ceux-ci coulent sur la tranche des couches que lorsqu'elles en suivent le lit.

Dans le val du Dorinet, le synclinal récent de cargneules et de quartzites du trias repose sur les schistes cristallins qui avaient été redressés par les poussées antérieures; entre Belleville et Hauteluce le cours d'eau coule sur le lit des couches de cargneules et de

1 E.-A. Martel. Les Cévennes.
L. de Launay et E.-A. Martel. Note sur quelques questions relatives à la géologie des grottes et des eaux souterraines. Bull. Soc. géol. de France. 3e série, t. XIX. 1890.

quartzites qu'il a peu érodées ; la vallée est large, le torrent nullement encaissé ; sous le pont, nouvellement construit qui conduit de Hauteluce aux Traverses, le torrent est parvenu à éroder complètement le trias et à attaquer les schistes cristallins redressés sous-jacents. Ceux-ci n'ont pas pu résister à l'érosion et à partir de ce point jusqu'à son embouchure dans le Doron près de Beaufort, le torrent coule au fond d'une gorge profonde de plus de 200 m. aux falaises inabordables.

Ce sont surtout les torrents secondaires qui doivent leur origine à l'érosion pluviale et torrentielle seule ; on sait par les travaux de M. Demontzey, par le récent exemple de la catastrophe de Saint-Gervais [1], combien l'érosion torrentielle est puissante.

C'est elle qui, profitant des moindres inflexions du sol, a peu à peu créé de véritables vallées d'écoulement qui drainent l'eau tombée sur les sommets.

Le Mont-Mirantin est un exemple très remarquable de ce mode de formation des cours d'eau dans les hautes régions ; il présente des arêtes bien distinctes, formant une sorte d'étoile à trois rayons entre lesquels se sont creusés trois bassins indépendants.

L'un situé à l'E. recueille les eaux de l'Argentine ; du second cirque, tourné vers le N. descendent deux torrents parallèles, qui se jettent dans le Doron, l'un à Bonnecime, l'autre à Villarson ; enfin le troisième au S.-E. verse ses eaux dans l'Isère un peu en amont de Tours.

Le torrent qui descend des Enclaves et du lac de la Girotte avant de former le Dorinet à Belleville, celui

1 L. Duparc, A. Delebecque et J. Vallot. La catastrophe de Saint-Gervais. Archives, t. XXVIII, 1892.

qui va de la Commanderie aux Revers, celui qui recueille les eaux du versant N.-E. du col Joly va se jeter dans le Bon-Nant près de Beaulieu, sont autant d'exemples de cours d'eaux en train de creuser les vallées de demain ; ces vallées de second ordre seront dues certainement à l'érosion seule.

Comme on vient de le voir, les trois modes principaux de la genèse des vallées sont représentés dans la région qui nous occupe.

Tout en reconnaissant quelle est l'importance de l'action de l'eau seule, nous avons cherché à montrer que dans bien des cas, des cassures ou des synclinaux préexistants ont joué un rôle prépondérant dans l'orientation qu'ont pris les cours d'eaux actuels et la nature des vallées qu'ils parcourent.

QUATRIÈME PARTIE

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Deux traits principaux caractérisent la région que je viens d'étudier et en résument à la fois la tectonique et l'orographie.

Ce sont d'une part la disparition complète du Mont-Blanc sous les terrains mézozoïques et tertiaires de la zone du Briançonnais, d'autre part l'épanouissement et la digitation extrême de la chaîne des Aiguilles-Rouges, qui atteint là le dédoublement maximum de ses divers plis.

En effet, le gigantesque culot éruptif de protogine qui, à moins de 20 kil. plus au N.-W., forme le massif du Mont-Blanc, le plus considérable des Alpes, a totalement disparu.

Au lieu des aiguilles dentelées de la chaîne des Grandes Jorasses, des sommets massifs qui s'élèvent à 4,400 m. au Dôme du Goûté et à 4,810 m. au pic terminal du Mont-Blanc, l'on a des massifs de lias et de jurassique de l'Aiguille du Grand-Fond et de la Grande-Parci, qui n'atteignent pas 3,000 m. d'altitude.

La chaîne des Aiguilles-Rouges, qui avait pris une direction presque N.-S. au Prarion reprend une direction

franchement N.-E. et se dédouble en neuf plis distincts, cinq synclinaux, et quatre anticlinaux, présentant par excellence le type d'une amygdale de la structure en chapelets si bien exposée par M. Marcel Bertrand [1].

Ces plis subissent une réduction avant d'atteindre l'Isère qu'ils traversent pour former plus au sud la partie E. de la chaîne de Belledone. A l'ouest de cette région, les massifs du Mirantin et de Bisanne semblent formés par deux anticlinaux cristallins que sépare un synclinal houiller; ces plis qui vont s'enfoncer sous les terrains et les plis des Hautes-Alpes calcaires se prolongent probablement au sud par la bordure N.-W. de la chaîne de Belledone étudiée par M. P. Lory [2].

C'est au Mirantin qu'il faudrait rechercher la suite des massifs éruptifs de gabbros du lac Robert et du Mont-Thabor étudiés par MM. L. Duparc et A. Delebecque [3], si ces derniers se continuent au N. et peut-être aussi le point de jonction entre ces massifs et les pointements éruptifs du Chablais.

En tous cas, comme l'ont fait remarquer MM. L. Duparc et A. Delebecque, il n'y a aucun rapport entre ces roches éruptives, les amphibolites qui en dépendent et la zone d'amphibolites de la partie centrale des chaînes des Aiguilles-Rouges et de Belledone [4]; celles-ci forment une traînée du lac Cornu aux lacs Tempête dans le massif du Grand-Mont, traînée caractérisée par la présence de fréquentes lentilles d'éclogites associées à des amphibolites qui sont d'un type pétrographique tout différent.

1 M. Marcel Bertrand. Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, 22 janvier 1894.
2 P. Lory. Note sur la bordure occidentale du massif d'Allevard. Ann. de l'ens. sup. de Grenoble, t. V., nº 1).
3 L. Duparc et A. Delebecque. Comptes-rendus de l'Acad. des Sciences, 19 mars 1894.

Dans un travail précédent, M. Duparc et moi [1] avons montré dans la première zone alpine l'existence d'une double ceinture cristalline; l'une, interne, constituée par des massifs de protogine présente une structure en éventail, l'autre, externe et formée par une série de massifs cristallins où le granit perce sous forme de boutonnières.

C'est cette zone externe qui fut plissée la première. A la faveur de ce premier plissement, le magma granitique put monter et former une série de traînées allongées, absolument comparables aux traînées qui jalonnent le cœur des anciens plis siluriens du Cotentin, décrit par MM. A. Michel Lévy [2] et Lecornu [3].

Le magma granitique a injecté plus fortement les schistes de la clef de voûte et cette transformation a été parfois si complète que l'on est dans le doute de savoir si l'on a affaire à un granit proprement dit ou à un schiste complètement injecté.

Ces bandes de schistes complètement transformés se trouvaient toujours au cœur des anticlinaux et peuvent permettre, au moins en partie, de reconstituer de nos jours ces plis des premiers âges, différents des plis carbonifères, auxquels ils sont antérieurs, et qui ont été souvent manquées par les poussées hercyniennes et alpines.

Dans la région que j'ai étudiée, j'ai pu reconstituer quatre de ces anticlinaux primitifs ; ils sont parallèles et distants l'un de l'autre d'un à deux kilomètres.

1 L. Duparc et Etienne Ritter. Loc. cit.

2 A. Michel Lévy. Le granit de Flamanville et les granits français en général. (Bull. du serv. de la carte géol. de France, n° 36).

3 E. Lecornu. Les plissements siluriens du Cotentin. (Bull. du serv. de la carte géol. de la France, n° 33).

Ces quatre anticlinaux sont jalonnés par la lentille granitique du Mont d'Outray, par celle du Mont Bersend, par les bancs granitisés de Sainte-Barbe et de Beaubois qui appartiennent très probablement au même anticlinal, par les schistes injectés de Saint-Guérin.

Tandis que les plis hercyniens font un angle W. de plusieurs dizaines de degrés parfois avec les plis alpins, ces plis primitifs ont une direction presque parallèle à celle que nous verrons prédominer dans les plis de la poussée alpine.

Cette injection granitique et très locale n'est pas la seule qui ait affecté les schistes cristallins des massifs que nous étudions. En effet tandis que la protogine qui, montait jusque tout près de la surface, à l'endroit où devait s'élever plus tard le Mont-Blanc, tandis qu'il se faisait un rebrassement continu sur les bords de ce gigantesque culòt de protogine et que le magma éruptif résorbait et assimilait une partie de ses salbendes, les schistes cristallins de Beaufort subissaient une forte injection.

Cependant ce ne devait être surtout que l'injection par minéralisateurs volatils qui devait atteindre les schistes qui affleurent aujourd'hui dans la région de Beaufort et du Grand-Mont.

Ces schistes sont pour la majeure partie d'un type relativement très récent ; ils sont presque tous injectés, mais cette injection, toute différente de l'injection granitique qui a attaqué les clefs de voûte anticlinales de Sainte-Barbe, Beaubois et de Saint-Guérin, est caractérisée spécialement par la présence du mica blanc et par un apport de silice pure.

Cette injection s'est attaquée, non seulement à des

micaschistes peu cristallins, mais même à des schistes talqueux, qu'elle a transformé en roches cornées.

Or ce n'est pas aux granits d'Outray et du Bersend qu'est due cette injection. Elle est l'œuvre d'un magma plus ou moins nettement granulitique, resté en profondeur et dont nous avons pu toucher une petite apophyse à Cevins, grâce à la profonde coupure de l'Isère qui a entamé les chaînes jusqu'à 300 et 400 m. d'altitude.

Les études faites par M. Duparc et moi [1] sur le carbonifère de la première zone alpine nous ont montré qu'à ce moment déjà les granits étaient passablement dénudés, comme le prouvent le très grand nombre de fragments recueillis dans les conglomérats houillers ; par contre la dénudation de la protogine était bien moins avancée comme le prouve la rareté de ses débris dans les grès du houiller.

La protogine a dû faire sa trouée plus ou moins à l'emporte-pièce selon une ellipse gigantesque et peu allongée ; en tous cas, elle n'a pas monté dans le cœur d'anticlinaux allongés comme le granit de la ceinture externe.

C'est ce fait et l'apport de venues plus acides venant se surajouter au magma de la protogine pendant qu'il faisait sa trouée et qu'un rebrassement continu s'y opérait, c'est ce fait, dis-je, qui a été cause qu'un même magma a donné au N.-W. les granits de Gasteren, Valorcine et Beaufort, par cristallisation lente, sous un épais manteau de schistes, tandis que dans l'arc interne de la première zone alpine ce magma s'est élevé plus

1 L. Duparc et Etienne Ritter. Les formations du carbonifère et les quarzites du trias dans la première zone alpine. (Mém. de la Soc. de phyl. et d'hist. nat. de Genève, t. XXXII 1re part. no 4.)

haut, a résorbé plus complètement sa couverture et a cristallisé sous forme d'une roche, intermédiaire entre les granulites et les granits et qui plus particulièrement granulitiques sur les bords devient de plus en plus granitoïde, à mesure qu'on s'avance vers le centre du massif.

Cependant la protogine, à l'époque du houiller et par injection lointaine avait déjà complètement transformé les schistes de la région car les schistes riches en mica blanc abondent dans les conglomérats du houiller.

Le houiller, formé comme nous l'avons dit par des grès, des conglomérats et des schistes, a dû se former dans une suite de lacs dans lesquels arrivaient des torrents qui formaient des cônes de déjection plus ou moins nets.

Après son dépôt, le terrain a été repris par les poussées qui ont édifié la chaîne hercynienne. Il a ainsi formé avec le terrain cristallin une série d'anticlinaux et de synclinaux sur les têtes érodées desquels est venue en transgression la mer du trias.

Celle-ci a raboté et nivelé la contrée qu'elle a transformée en une plaine de dénudation marine.

A la base du trias nous trouvons un horizon très constant, atteignant au plus une dizaine de mètres et formé par des quartzites.

Celles-ci sont surchargées de grains de quartz qui sont beaucoup plus roulés que ceux qui forment les grès du houiller.

Nous avons dit que nous admettions comme probable l'hypothèse émise par M. Termier de sources siliceuses, expliquant l'excès de silice observé.

Il est possible aussi que par dissolution mécanique,

les silicates facilement attaquables se soient décomposés; un fait curieux à l'appui de cette hypothèse est l'abondance du mica blanc dans les grès du houiller et son extrême rareté dans les quartzites du trias.

Les eaux de la mer du trias se seraient saturées d'un peu de la silice et d'une grande partie de l'alumine, de la chaux et de la magnésie que les roches pouvaient contenir; les feldspaths kaolinisés devaïent être facilement triturés et livrés à l'action de dissolution chimique de l'eau; de même pour les micas. Par contre les grains de quartz résistaient mieux et ce sont eux qui, après avoir été plus ou moins roulés, ont formé les dépôts arénacés de la base du trias.

Une partie de la chaux, cependant, a dû être précipitée comme carbonate de chaux; c'est elle qui a formé ainsi les nombreux grains de calcite qu'on trouve dans le trias et qui font presque totalemement défaut dans le houiller.

Par cette transformation sur place s'expliquerait l'association des grains de quartz et de calcite, la rareté des feldspaths et l'absence presque complète des micas dans les quartzites du trias, tandis qu'on trouve dans le houiller une abondance considérable de feldspaths et de micas, une absence presque complète de calcite.

A l'époque du trias moyen et supérieur, le phénomène lagunaire tendait à prendre plus d'importance et les eaux, obligées d'abandonner la plus grande partie de la chaux et de la magnésie qu'elles tenaient en dissolution ont édifié ces puissantes assises de bancs dolomitiques et de cargneules du trias supérieur.

Puis au facies lagunaire du trias supérieur a succédé à l'époque du lias, un facies franchement marin.

Cependant, tandis qu'une mer plus ou moins profonde couvrait la majeure partie de la région, des bombements locaux permettaient la formation d'une brêche qu'on retrouve au village du Bourgeois et du Bersend, brêche identique à celle qui prenait un si beau développement au tunnel du Télégraphe en Maurienne.

Pendant ce temps, plus au sud, à la Mure par exemple, le lias revenait, sur des terrains cristallins et houillers émergés à l'époque triasique et s'y déposait sous forme d'une arkose voisine de celle qui, dans la région de Beaufort, caractérise la base du trias.

Que se passa-t-il durant la fin des temps mézozoïques jusqu'à l'époque tertiaire ? En l'absence de tout dépôt, il est difficile de le dire. Peut-être la première zone alpine fut-elle imergée et recouverte de sédiments que l'érosion a fait disparaître depuis.

Cependant il semble plus probable qu'elle fut au moins partiellement émergée, comme paraît le prouver le manque absolu de terrains plus récents que le lias au cœur des synclinaux qui se sont formés lors du plissement alpin.

En tous cas, la région qui nous occupe fut plissée à nouveau lors du grand soulèvement des Alpes.

Or ce plissement paraît avoir eu lieu, non par surélévation des massifs anticlinaux, mais plutôt par affaissement dans la profondeur et sans cassures des bandes allongées qui ont formé les synclinaux.

Il semble que le culot de protogine du Mont-Blanc, qui s'écoulait de bas en haut en forme de gerbe a agi comme une vaste cheminée d'appel du magma granulitique sous-jacent et que les divers synclinaux que nous avons étudiés se sont formés par la descente du lias et

du trias dans les dépressions allongées qui se formaient et qui ont été à la fois repincées et déjetées par suite de la poussée alpine.

Les chapeaux triasiques horizontaux qui atteignent 2993 m. au Grand-Mont et descendent à 2400 au Grand-Rognoux et 2200 aux Enclaves, à mesure qu'on s'approche du Mont-Blanc, le lambeau de recouvrement du col du Pré, qui n'a pas pu être pincé entre les schistes cristallins et a alors chevauché de plusieurs kilomètres sur les terrains anciens ; la manière d'être des affleurements de trias et de lias dans les synclinaux, sporadiques, presque toujours pincés et étirés, fréquemment absents, de valeurs très inégales à quelques cents mètres de distance, sont une série de preuves de la manière dont s'est plissée la région que nous étudions sous l'effort des poussées alpines.

Cette même région, au contraire, a joué le rôle de massif ancien par rapport à la chaîne des Aravis déjetée au S.-E. Celle-ci a chevauché sur les têtes de plis érodées en formant un recouvrement de la chaîne ancienne, absolument comparable à celui des Carpathes sur les Sudètes si magistralement décrit par Suess [1].

Enfin, l'érosion est venue s'attaquer à la nouvelle chaîne et travailler puissamment à édifier le relief actuel.

Mais dans le massif de Beaufort elle avait à attaquer des terrains qui avaient subi son action dès les premiers âges et par suite particulièrement aptes à lui résister.

Elle n'a eu que peu de prise sur cette chaîne ancienne tant de fois rabotée.

1 E.-D. Suess. Das Autlitz der Erde. Loc. cit.



Aussi son action s'est-elle bornée à dégrader et à niveler plus ou moins les sommets, à creuser quelques vallées profondes.

Il en est résulté pour les massifs de Beaufort et du Grand-Mont un relief intermédiaire entre celui d'une chaîne toute jeune comme les Hautes-Alpes calcaires et celui qui caractérise une chaîne ancienne complètement rabotée, telle que les Ardennes.

Liste des ouvrages relatifs à la géologie de la région

H. B. DE SAUSSURE. — Voyages dans les Alpes. Neuchâtel, 1779-96.

DOLOMIEU. — Rapport fait à l'Institut national sur ses voyages de l'an V et l'an VI (Journal des Mines, t. VII, 1798).

BROCHAUT DE VILLERS. — Observations géologiques sur les terrains de transition qui se rencontrent dans la Tarentaise et autres parties de la chaîne des Alpes (Journal des Mines, t. XXIII, 1808).

BAKEWEL. — Travels comprising observations made during a residence in the Tarentaise and various parts of the Græcian and Pennine Alps and in the Schwizerland and Auvergne. 1823.

Adolphe BRONGNIART. — Observations sur les végétaux fossiles des terrains d'anthracite des Alpes (Annales des sciences naturelles, t. XIV. 1828).

Mgr RENDU. — Traits principaux de la géologie de la Savoie (Mémoires de l'Académie de Savoie. 1838).

Elie DE BEAUMONT et DUFRÉNOY. — Carte géologique de la France 1/500,000^e^.

DUFRÉNOY. — Age géologique des anthracites des Alpes (Bull. Soc. géol. de France, 1re sér., t. XII. 1840).

A. SISMONDA. — Memoria sui terreni stratificati delle Alpi (Mem. Ac. des. Sc. Turin. 1841).

FORBES. — Travels trough the Alps of Savoy and other parts of the Pennin Chain. 1843.

S^e^ GRAS. — Introduction à un essai sur la constitution géologique des Alpes centrales de la France et de la Savoie (Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. VII. 1855).

STUDER et ESCHER DE LA LINTH. — Carte géologique de la Suisse à 1/380,000^e^. 1853.

A. GAUDRY. — Résumé des travaux qui ont été entrepris sur les terrains antraxifères des Alpes de la France et de la Savoie (Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XII. 1855)

A. FAVRE. — Notice sur la réunion de la Société géologique de France en Maurienne en septembre 1861 (Arch. des Sciences Phys. et Natur. Genève, 1861).

C. LOLY. — Procès-verbaux de la réunion extraordinaire et des excursions de la Société géologique de France dans la Maurienne et le Briançonnais (Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XVIII. 1861).

A. FAVRE. — Carte géologique des parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc au 1/150,000^e^. 1862.

C. LORY et VALLET. — Carte géologique de la Maurienne et de la Tarentaise (Bull. Soc. géol. de France, 2me série, t. XXIII. 1866).

A. FAVRE. — Recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisines du Mont-Blanc, 3 vol., 1 atlas. 1867,

Ch. LORY. — Note sur la carte géologique de la Savoie de MM. Lory, Pillet et Vallet (Mém. de l'Acad. de Savoie. 1869).

B. GASTALDI, — Studii geologici sulle Alpi occidentali (Mémor. com. géol. d'Italia. 1871).

LORY, PILLET et VALLET. — Carte géologique du département de la Savoie au 1|150,000e.

Ch. LORY. — Essai sur l'orographie des Alpes du Dauphiné et de la Savoie, considérée dans ses rapports avec la structure géologique de ces montagnes (Ann. du C. A. F., 1re année. 1874).

O. HEER. — Flora fossilis Helvetiæ. Die Steinkohlenflora. 1876.

Ch. LORY. — Caractères distinctifs du permien et du trias dans les Alpes et dans les autres régions. (Bull. Soc. géol. de France, 3me série, t. V. 1877).

L. PILLET. — Carte géologique articulée de la Savoie.

L. PILLET. — Etude sur la géologie de l'arrondissement d'Albertville (Congrès des Soc. savantes savoisiennes; compte rendu de la sixième session. 1883).

J. REVIL. Etudes géologiques sur la vallée de Beaufort. (Congrès des Soc. savantes savoisiennes; compte-rendu de la sixième session, 1883.)

Ch. LORY. — Aperçu sommaire sur la structure des Alpes occidentales.

CARER et VASSEUR. — Carte géologique de la France.

Marcel BERTRAND. — La chaîne des Alpes et la formation du continent européen (Bull. Soc. géol. de France, 3e série, t. XV. 1887).

Carte géologique de la France, au millionnième, publiée par le service de la carte géologique détaillée de la France.

J. RÉVIL. — La géologie des Alpes occidentales d'après un mémoire de M. Zaccagne (Bull. Soc. d'hist. natur. de Savoie, t. III. 1889).

A.-Michel LÉVY. — Etudes sur les roches cristallines et éruptives des environs du Mont-Blanc (Bull. des services de la carte géol. détaillée de la France, no 9. 1890).

C. DIENER. — Der Gebirgsbau der Westalpen. 1891.

L. DUPARC et L. MRAZEC. — Recherches sur les roches étrangères enfermées dans la protogine erratique du Mont-Blanc (Arch. des sciences phys. et nat., 3me période, t. VXV).

A.-Michel LÉVY. — Note sur la prolongation vers le sud de la chaîne des Aiguilles-Rouges; montagnes de Pormenaz et du Prarion (Bull. des services de la carte géol. détaillée de la France, t. III, 1892).

L. DUPARC et L. MRAZEC. — Recherches sur la protogine du Mont-Blanc et sur quelques granulites filoniennes qui la traversent (Arch. des sciences phys. et nat., 3me période, t. XXVII).

L. MRAZEC. — La protogine du Mont-Blanc et les roches éruptives qui l'accompagnent (Thèse de doctorat Genève 1892).

A. DELEBECQUE. — Les lacs des Sept-Laux et de la Girotte (Compte-rendu, 27 mars 1893).

A. DELEBECQUE. — Carte du lac de la Girotte. (Atlas des lacs français publié par le Ministère des travaux publics.)

L. DUPARC et Etienne RITTER. — Les massifs cristallins de Beaufort et de Cevins (Arch. des sciences phys. et nat., 3me période, t.

L. DUPARC et Etienne RITTER. - Les formations du carbonifère et les quartzites du trias dans la partie nord-ouest de la première zone alpine (Mémoires de la Société de physique et d'hist. nat. de Genève, t. XXXII, 1re partie, no 4.)

L. DUPARC et Etienne RITTER. Les éclogites et les amphibolites du massif du Grand-Mont. (Arch. des sciences phys. et nat., 3me période. t. XXXI.)

TABLE DES MATIÈRES



VUE GÉNÉRALE DU GRAND MONT

NW SE

1er plan, coteau et chalet d'Hauteluce ; au pied, ravin du Dorinet. 2me plan, flanc NE de la montagne d'Outray. Entre le 2me et 3me plan coupure du Doron et ville de Beaufort (cachée). 3me plan flanc E de la montagne boisée du Bersend. —

LE RAVIN DU CÉLESTET

W E



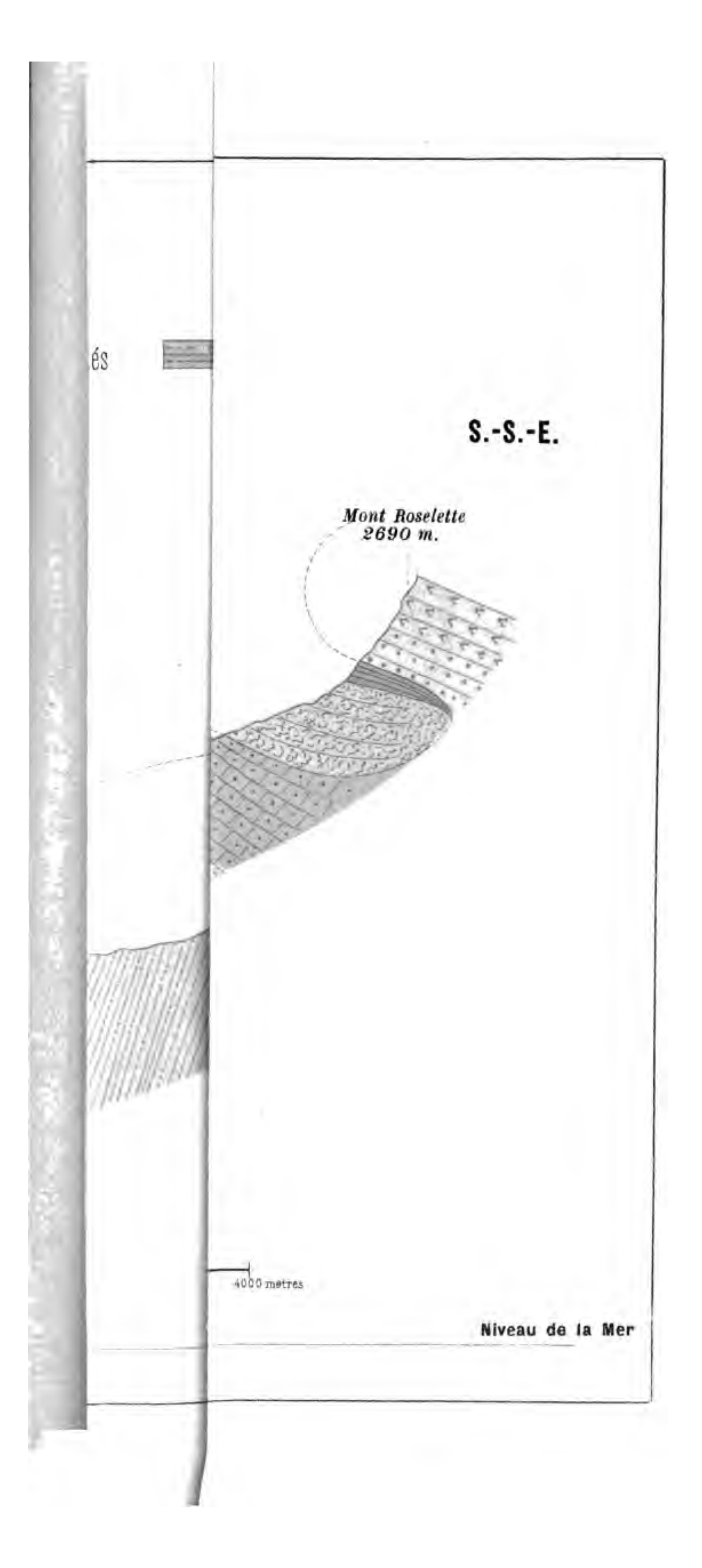
1er plan, à l'E, flanc du Mont Méraillet, à l'W, village de Beaubois 2me plan, à l'E, les Enclaves, avec leurs corniches de trias en discordance, ravin du Célestet ; montagne d'Outray à l'W.

LE RAVIN DU CÉLESTET

W

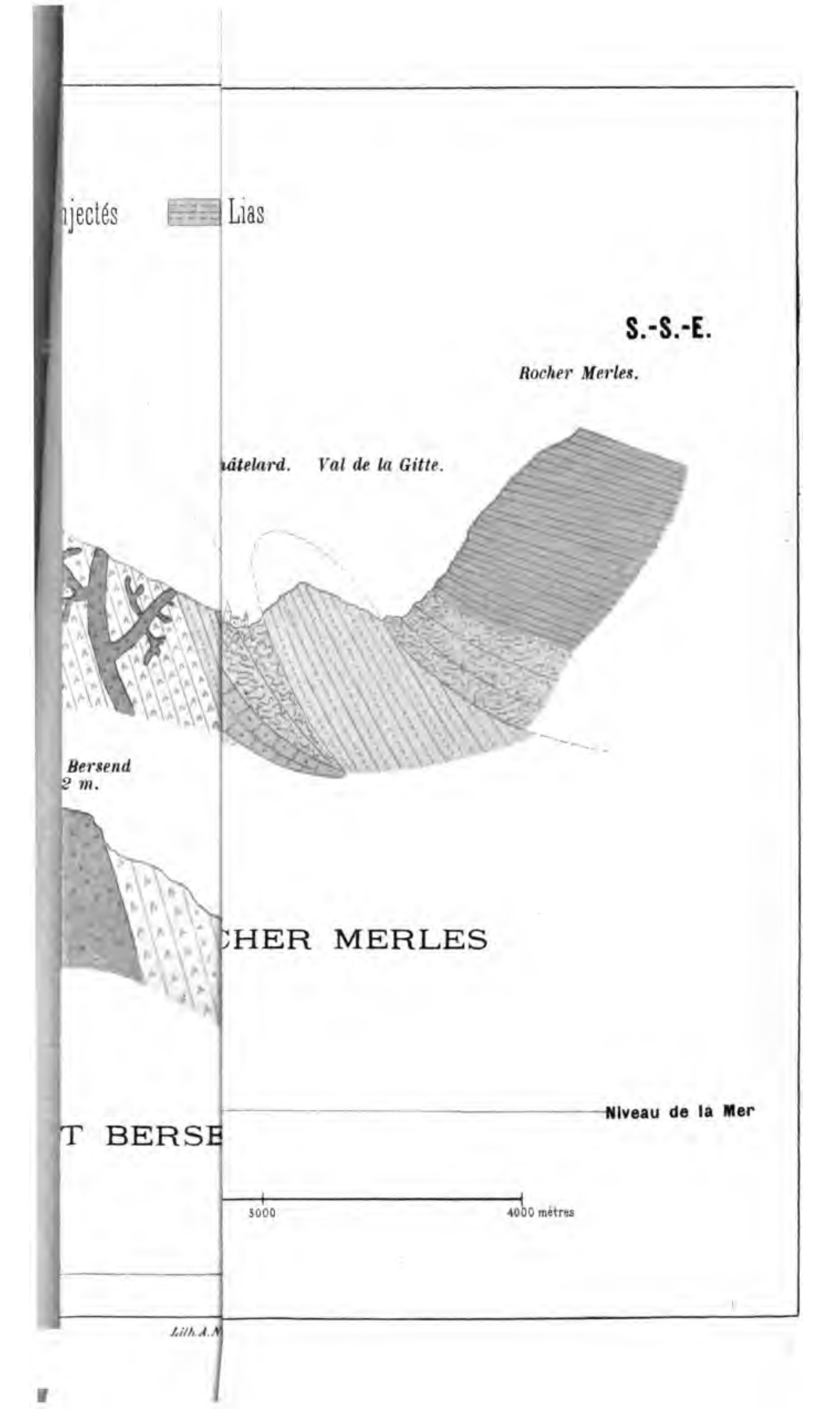


1er plan, à l'E, flanc du Mont Méraillet, à l'W, village de Beaubois 2me plan, à l'I les Enclaves, avec leurs corniches de trias en discordance, ravin du Célestet ; mo tagne d'Outray à l'W.


és
S.-S.-E.
Mont Roselette
2690 m.
4000 metres
Niveau de la Mer



njectés
Lias
S.-S.-E.
Rocher Merles.
âtelard.
Val de la Gitte.
Bersend
2 m.
CHER MERLES
Niveau de la Mer
T BERSE
3000
4000 mètres
Lith. A. M



njectés
Lias
S.-S.-E.
Rocher Merles.
hâtelard.
Val de la Gitte.
Bersend
2 m.
CHER MERLES
Niveau de la Mer
T BERSE
3000
4000 mètres
Lith. A. N



